



UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, TECNOLOGIA E
MEIO AMBIENTE

CINTIA DE SOUZA RAMOS CAIXETA

**ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA
TERRA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO LAGO CORUMBÁ IV**

ANÁPOLIS – GOIÁS

2024

CINTIA DE SOUZA RAMOS CAIXETA

ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO LAGO CORUMBÁ IV

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, como exigência parcial para obtenção de título de mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração:
Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente

Linha 02: Desenvolvimento e Territorialidade

Orientador: Prof. Dr. Giovanni de Araújo Boggione

ANÁPOLIS – GOIÁS

2024

C138

Caixeta, Cintia de Souza Ramos.

Análise temporal das mudanças na cobertura e uso da terra na área de
Influência direta do Lago Corumbá IV / Cintia de Souza Ramos Caixeta -
Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEvangélica, 2024.

80p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Giovanni de Araújo Boggione.

Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em Sociedade,
Tecnologia e Meio Ambiente – Universidade Evangélica de Goiás -
UniEvangélica, 2024.

- | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1. Cobertura e uso da terra | 2. Políticas ambientais | 3. Geoprocessamento |
| 4. Agricultura e urbanização | | 5. Dinâmicas espaciais |
| I. Boggione, Giovanni de Araújo | | II. Título |

CDU 504

Catálogo na Fonte

Elaborado por Rosilene Monteiro da Silva CRB1/3038



Programa de Pós-Graduação em
Sociedade, Tecnologia e
Meio Ambiente

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO LAGO CORUMBÁ IV

Cintia de Souza Ramos Caixeta

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente/ PPG STMA da Universidade Evangélica de Goiás/ UniEVANGÉLICA como requisito parcial à obtenção do grau de **MESTRE**.

Aprovado em 18 de setembro de 2024.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Territorialidade



Documento assinado digitalmente
GIOVANNI DE ARAUJO BOGGIONE
Data: 22/10/2024 14:30:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Giovanni de Araújo Boggione
Presidente/Orientador (UniEVANGÉLICA)



Documento assinado digitalmente
ALINE CRISTIANE KAMIYA
Data: 23/10/2024 10:18:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Aline Cristiane Kamiya
Examinador Interno (UniEVANGÉLICA)



Documento assinado digitalmente
MAX WELL DE OLIVEIRA RABELO
Data: 23/10/2024 11:01:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Max Well de Oliveira
Examinador Externo (IFG)

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus, que me deu força, sabedoria e perseverança para chegar até aqui. Sem sua graça e orientação, nada disso seria possível.

Chegar ao fim desta jornada acadêmica, completando o mestrado na UniEVANGÉLICA- Universidade Evangélica de Goiás, é uma conquista repleta de significados e emoções. Este momento não seria possível sem o apoio, incentivo e sacrifício de muitas pessoas especiais em minha vida.

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão aos meus filhos, João Vitor Ramos Caixeta e Amanda Ramos Caixeta. Vocês não só acreditaram no meu potencial, mas também investiram financeiramente e emocionalmente nesta caminhada. Cada dia de esforço foi motivado pelo amor e apoio que recebi de vocês. Esta conquista é, sem dúvida, fruto do nosso esforço conjunto.

Ao meu companheiro Alessandro Lopes de Sousa, agradeço a paciência, compreensão e suporte incondicional durante os momentos mais desafiadores desta jornada. Seu apoio foi um alicerce sólido que me manteve firme e determinada a seguir adiante.

Aos professores da Universidade Evangélica de Goiás, minha profunda gratidão pelo conhecimento compartilhado e pela dedicação. Em especial, agradeço ao professor Dr. Giovanni Boggione, cuja orientação e apoio foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Sua sabedoria e comprometimento com a educação são inspiradores.

Minha amiga Fátima Moussa Youssef foi uma companheira indispensável nesta jornada. Sua amizade e parceria tornaram os desafios mais leves e a caminhada mais motivadora, sendo fundamentais para essa conquista.

Não posso deixar de mencionar os amigos que me apoiaram ao longo deste percurso. Cada palavra de incentivo e gesto de carinho foram indispensáveis para que eu mantivesse o foco e a determinação necessários para concluir este desafio.

Além das pessoas, agradeço também pelos inúmeros recursos humanos e não humanos que foram utilizados para a plena realização desta pesquisa. Cada ferramenta, livro, artigo e tecnologia acessada foi um tijolo na construção deste trabalho.

Enfim, este mestrado é um marco importante na minha vida e simboliza a superação de desafios e a realização de sonhos. A todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, o meu mais sincero agradecimento.

Com gratidão.

LISTA DE GRÁFICOS E FIGURAS

Figura 1. Biomas Brasileiros	3
Figura 2. Bacias Hidrográficas Brasileiras e Região do Cerrado.....	5
Figura 3. Série histórica perda vegetação nativa do Cerrado, 1985-2020.	7
Figura 4. Análise histórica da expansão da fronteira agrícola sobre o Cerrado.....	11
Figura 5. Redução da Vegetação Natural na série histórica de 2000 a 2018 – Ranking por unidades da federação.....	15
Figura 6. Formatos de dados disponibilizados em um SIG.....	17
Figura 7. Método de interpretação de imagem espectral em mapa temático de uso da terra	19
Figura 8. Esquematização do Reservatório da Usina de Itaipu.	24
Figura 9. Área de Estudo – Localização Geográfica do Lago Corumbá IV e UHE Corumbá IV.....	33
Figura 10. Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa	
Figura 11. Área de Influência Direta do Lago Corumbá IV em 1985.	39
Figura 12. Área de Influência Direta do Lago Corumbá IV em 2022	39
Figura 13. Área do Reservatório Corumbá IV em 1985	42
Figura 14. Área do Reservatório Corumbá IV em 2000.	42
Figura 15. Área do Reservatório Corumbá IV em 2005	43
Figura 16. Área do Reservatório Corumbá IV em 2022	44
Figura 17. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá IV em 1985.	46
Figura 18. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá IV em 1989.	47
Figura 19. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá IV em 2022.	50
Figura 20. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá IV em 1985.....	53
Figura 21. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 1987	53
Figura 22. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 2018	54
Figura 23. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 2022	55
Figura 24. Formações Campestres na AID do reservatório Corumbá IV em 1985.....	61
Figura 25. Formações Campestres na AID do Reservatório Corumbá IV em 2004.....	62
Figura 26. Formações Campestres na AID do Reservatório Corumbá IV em 2022.....	63
Figura 27. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá em 1985.....	65
Figura 28. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá em 2000.....	66
Figura 29. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá IV, em 2022.	67

Figura 30. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 1985.....	71
Figura 31. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 2000.....	72
Figura 32. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 2015.....	73
Figura 33. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV, em 2022.....	74
Figura 34. Classe de Infraestrutura Urbana na AID do Lago Corumbá IV em 1985.	78
Figura 35. Área de Infraestrutura Urbana na AID do Lago Corumbá em 2010.	79
Figura 36. Área de Infraestrutura Urbana da AID do Lago Corumbá IV em 2022.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Panorama da evolução da classe Rio ou Lago na área do reservatório Corumbá IV	40
Tabela 2. Panorama da evolução da classe Formação Florestal na área do reservatório Corumbá IV.....	45
Tabela 3. Panorama da evolução da classe Formação Savânica na área do reservatório Corumbá IV.....	51
Tabela 4. Panorama da evolução da classe Formação Campestre na área do reservatório Corumbá IV.....	60
Tabela 5. Panorama da evolução da classe Pastagens na área do reservatório Corumbá IV	64
Tabela 6. Panorama da evolução das classes de agricultura na AID do reservatório Corumbá IV.....	69
Tabela 7. Panorama da evolução da classe infraestrutura urbana, do reservatório corumbá IV, AID.....	77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AID - Área de Influência Direta

ANA - Agência Nacional de Águas

APP - Área de Proteção Permanente

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento

CAR - Cadastro Ambiental Rural

CCC - Condições de Carregamento de Construção

CCE - Condições de Carregamento Excepcionais

CCL - Condições de Carregamento Limitadas

CCN - Condições de Carregamento Normais

CNES - Agência Espacial Francesa

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

DETER - Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real

DF - Distrito Federal

DNPEA - Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBRATER - Agência Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural

ESA - Agência Espacial Europeia

FCA - Formulário de Caracterização de Atividade

FUNAI - Fundação Nacional do Índio

GEE - Google Earth Engine

GEEs - Gases de Efeito Estufa

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICA - Índice de Comprometimento Ambiental

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

JICA - Agência Japonesa de Cooperação e Desenvolvimento Internacional

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento

MATOPIBA - Acrônimo para Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NDC - Contribuição Nacionalmente Determinada

PACUERA - Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório

PMDBBS - Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

POLOCENTRO - Programa de Desenvolvimento dos Cerrados

PROCEDER - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados

PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

RAD - Relatório Anual de Desmatamento

RIDE/DF - Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SPOT - Satellite Pour l'Observation de la Terre

TR - Termo de Referência

UC - Unidade de Conservação

UCT - Uso e Cobertura da Terra

UFG - Universidade Federal de Goiás

UHE - Usina Hidroelétrica

USGS - United States Geological Survey

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. O Bioma Cerrado: importância, desmatamento e expansão da fronteira agrícola	3
2.2. Mudança do uso da terra por ações antrópicas e monitoramento via satélite	13
2.3. Processos de criação de reservatórios artificiais: aspectos técnicos e legais	22
2.4. Urbanização e lagos artificiais	28
2.5. Licenciamento e criação do Reservatório Corumbá IV.....	29
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Área de estudo.....	33
3.2. Mapas de Uso e Cobertura do Solo	34
3.3. Coleta de Dados	36
3.4. Classificação e Análise dos dados	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1. Rio ou Lago.....	40
4.2. Formação Savânica	50
4.3. Formação Campestre	59
4.4. Pastagem	63
4.5. Agricultura	68
4.6. Infraestrutura Urbana.....	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

RESUMO

O Lago Corumbá IV, criado pela construção de uma barragem para a Usina Hidrelétrica Corumbá IV em 2006, abastece cerca de 250 mil habitantes do Distrito Federal e é um importante ponto de lazer e turismo na região Centro-Oeste do Brasil. Abrangendo uma área de 173 km², banha sete municípios em Goiás e promove atividades recreativas que impulsionam a economia local. Desde sua criação, a região do reservatório tem sofrido diversas modificações, relacionadas as mudanças na cobertura e uso da terra. Neste contexto, esta dissertação analisou as dinâmicas de cobertura e uso da terra na Área de Influência Direta (AID) do lago entre 1985 e 2022. Utilizando dados da coleção 8 do MapBiomas, a pesquisa mapeou alterações no cerrado nativo e atividades antrópicas, como agricultura e urbanização. A metodologia envolveu a coleta de dados via MapBiomas, processamento no Google Earth Engine e análise complementar no QGIS, destacando mudanças temporais e espaciais na região. Os resultados demonstraram que, a construção da UHE Corumbá IV entre 2000 e 2005, transformou significativamente a paisagem da bacia do alto rio Corumbá, com crescimento e estabilização das áreas florestais devido a políticas ambientais, recuperação parcial das formações savânicas afetadas pela agropecuária e desmatamento, declínio seguido de recuperação das formações campestres, e um aumento seguido de estabilização e redução das áreas de pastagem impulsionadas por investimentos em pecuária e iniciativas de conservação ambiental. Outros resultados apontam que a soja se tornou uma monocultura de destaque na região, sendo responsável por uma alta conversão de áreas agricultáveis, e a urbanização causada pelo estabelecimento de loteamentos, é uma classe em amplo crescimento na região.

Palavras-chave: Cobertura e uso da terra. Políticas ambientais. Geoprocessamento. Agricultura e urbanização. Dinâmicas espaciais.

ABSTRACT

Lake Corumbá IV, created by the construction of a dam for the Corumbá IV Hydroelectric Plant in 2006, supplies around 250,000 inhabitants of the Federal District and is an important leisure and tourism spot in the Midwest region of Brazil. Covering an area of 173 km², it spans seven municipalities in Goiás and promotes recreational activities that boost the local economy. Since its creation, the reservoir region has undergone various modifications related to changes in land cover and use. In this context, this dissertation analyzed the dynamics of land cover and use in the Direct Influence Area (AID) of the lake between 1985 and 2022. Using data from MapBiomas Collection 8, the research mapped changes in native cerrado and anthropogenic activities, such as agriculture and urbanization. The methodology involved data collection via MapBiomas, processing in Google Earth Engine, and complementary analysis in QGIS, highlighting temporal and spatial changes in the region. The results showed that the construction of UHE Corumbá IV between 2000 and 2005 significantly transformed the landscape of the upper Corumbá river basin, with growth and stabilization of forest areas due to environmental policies, partial recovery of savanna formations affected by agriculture and deforestation, decline followed by recovery of grassland formations, and an increase followed by stabilization and reduction of pasture areas driven by livestock investments and environmental conservation initiatives. Other results indicate that soy has become a prominent monoculture in the region, responsible for a high conversion of arable land, and urbanization caused by the establishment of housing developments is a rapidly growing class in the region.

Keywords: Land cover and use. Environmental policies. Geoprocessing. Agriculture and urbanization. Spatial dynamics.

1. INTRODUÇÃO

O Lago Corumbá IV surgiu após a construção de uma barragem que resultou na criação do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV, inaugurada em 2006. Esta usina possui a capacidade de gerar energia suficiente para abastecer cerca de 250 mil habitantes do Distrito Federal (DF). Além de seu papel fundamental na geração de energia, o Lago Corumbá IV é também um importante ponto de lazer e turismo na região. Com uma área aproximada de 173 km², o lago está situado na Região Centro-Oeste do Brasil e banha sete municípios do estado de Goiás: Abadiânia, Alexânia, Luziânia, Silvânia, Novo Gama, Corumbá de Goiás e Santo Antônio do Descoberto (CORUMBÁ CONCESSÕES, 2024a).

Sua vasta extensão e as belezas naturais ao seu redor tornam-no um destino atrativo tanto para moradores locais quanto para turistas, promovendo atividades como pesca, passeios de barco e outros esportes aquáticos. A infraestrutura ao redor do lago vem se desenvolvendo para atender à crescente demanda turística, contribuindo significativamente para a economia dos municípios vizinhos. O Lago Corumbá IV, além de seu valor energético, desempenha um papel crucial no lazer, turismo e desenvolvimento regional (CORUMBÁ CONCESSÕES, 2024a).

De acordo com o anexo I, da resolução nº 462, de 24 de julho de 2014:

A área de influência Direta (AID) é aquela cuja incidência dos impactos da implantação e operação do empreendimento ocorre de forma direta sobre os recursos ambientais, modificando a sua qualidade ou diminuindo seu potencial de conservação ou aproveitamento. Para sua delimitação, deverão ser considerados os limites do empreendimento, incluindo as subestações, nas áreas destinadas aos canteiros de obras, as áreas onde serão abertos novos acessos, e outras áreas que sofrerão alterações decorrentes da ação direta de empreendimento, a serem identificadas e delimitadas no decorrer dos estudos (BRASIL, CONAMA, 2014, pág. 07).

Estudos recentes tem se dedicado a compreender as dinâmicas espaciais que ocorrem ao redor da AID do Lago Corumbá IV, como Silva (2020), Borges et al., (2024)

e Silva e Paula (2022), e evidenciam o impacto do estabelecimento do lago na região, e como sua presença tem modificado a paisagem, o meio ambiente e as atividades antrópicas desenvolvidas na AID do reservatório. Entretanto, apesar dos esforços destes pesquisadores, ainda são escassas as pesquisas sobre as mudanças de cobertura e uso da terra na região, e mesmo em pesquisas desta natureza, este tipo de análise não foi realizada de forma aprofundada, como método principal de estudo.

Dentro do contexto abordado, este estudo se apresenta como contributivo para a expansão da literatura, referente ao geoprocessamento e acompanhamento da cobertura e uso da terra na região do Reservatório Corumbá IV, em uma atualização mais recente, mediante uma análise quali-quantitativa das modificações em diferentes classes de uso e cobertura, se aprofundando nas relações sócio econômicas e ambientais, que ocorrem na região, que se posiciona como um importante recurso hídrico, social e ambiental do estado de Goiás e região do entorno do Distrito Federal.

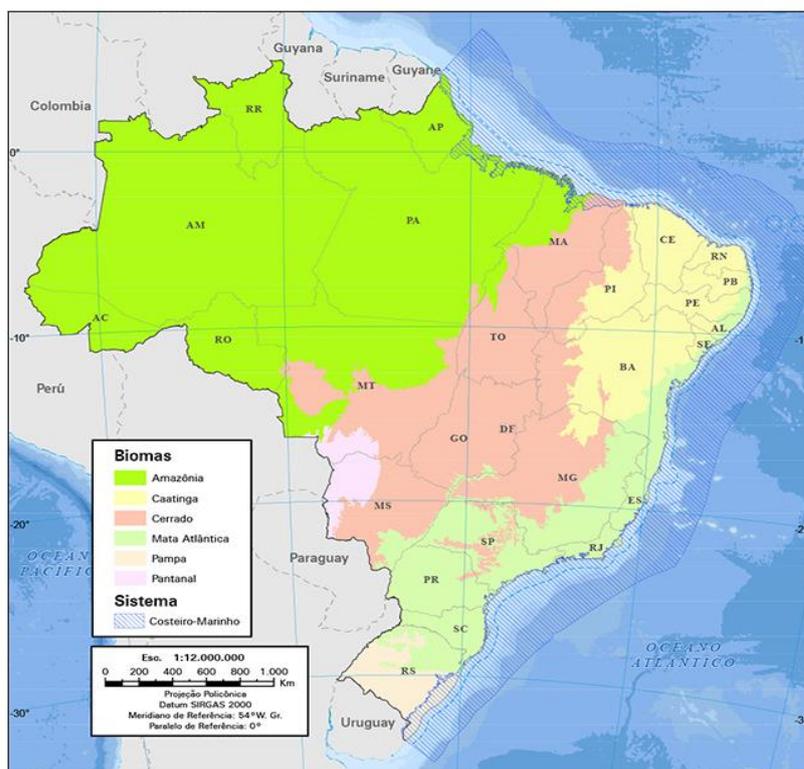
Nesta perspectiva, esta dissertação objetivou analisar as dinâmicas de cobertura e uso da terra, em uma região associada ao Lago Corumbá IV, a Área de Influência Direta, também conhecida como Área de interferência Direta, compreendendo as modificações que ocorreram na região na série temporal de 1985 a 2022. Os objetivos específicos se dedicaram a estudar as principais alterações na cobertura do cerrado nativo, as transformações do solo mediante os tipos de uso antrópico, como a agricultura, pecuária e a urbanização, e aplicar a coleção 8 do Mapbiomas, como recurso para acompanhar quali-quantitativamente as mudanças na região, de forma mais segmentada e específica, através do novo sistema de classes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O Bioma Cerrado: importância, desmatamento e expansão da fronteira agrícola

De acordo com dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) e do Ministério do Meio Ambiente, Brasil (2022), o Cerrado é considerado o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, ocupando uma área de 1.983.017 Km², o equivalente a 23,3% do território nacional. Este bioma ocorre, majoritariamente, na região do Planalto Central Brasileiro, abrangendo parte dos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, São Paulo e do Distrito Federal, estando presente nas cinco regiões do país (figura 01).

Figura 1. Biomas Brasileiros



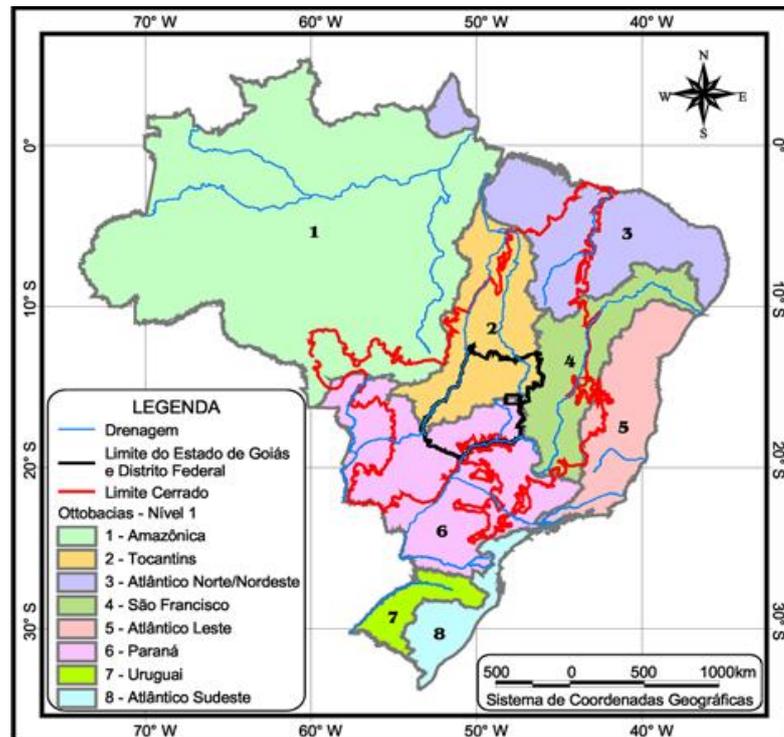
Fonte: IBGE (2019)

Segundo Sawyer et al. (2018), o Cerrado separa as florestas tropicais da Amazônia e da Mata Atlântica e possui áreas de transição com a Caatinga, o Pantanal e o Chaco paraguaio. Seu clima é tropical chuvoso sazonal, com uma estação seca de maio a outubro e uma chuvosa de novembro a abril. A precipitação anual varia de 600 a 2000 mm, e a temperatura média anual fica entre 22 °C e 27 °C. A topografia inclui planaltos, depressões e estruturas variando de 300 a 1.600 metros de altitude. Segundo Sawyer et al. (2018), o bioma Cerrado é uma savana tropical com alta riqueza biológica, abrigando mais de 12.000 espécies de plantas nativas e 2.373 espécies de vertebrados, com cerca de 30% de endemismo. Atualmente, 903 espécies estão em risco de extinção devido à pressão antrópica, que converte vegetação nativa em áreas de pecuária e agricultura.

Segundo Santos, Miranda e Neto (2020), a flora do cerrado é considerada altamente rica e heterogênea espacialmente. Essa variedade permite a identificação de três formações vegetativas principais que se subdividem em onze fitofisionomias (vegetação típica) características, sendo elas as florestais, como as matas ciliares, as matas de galeria, a mata seca e o cerradão; as savânicas, como o cerrado sentido restrito, o parque de cerrado, o palmeiral e a vereda; e as campestres, como o campo sujo, o campo limpo e o campo rupestre (EMBRAPA, 2023a).

O Cerrado é reconhecido por vários autores como “berço das águas” do Brasil, Souza et al., (2019), Bandeira & Campos (2018), Lima Júnior e Santos (2017), apresentando alta precipitação no período chuvoso, gerando uma alta disponibilidade hídrica, e abrigando nascentes de seis importantes bacias hidrográficas do país, sendo elas: bacia Amazônica; bacia do Tocantins; bacia do Atlântico Norte; bacia do Atlântico Leste; bacia do São Francisco e bacia dos rios Paraná e Paraguai (Figura 02). As águas do Cerrado também abastecem três importantes sistemas aquíferos do Brasil, o Guarani, o Bambuí e o Urucuia.

Figura 2. Bacias Hidrográficas Brasileiras e Região do Cerrado.



Fonte: Medeiros, Ferreira e Ferreira (2009)

Os autores Lahsen et al., (2016) e Straussburg et al., (2017), destacam que o cerrado representa 43% do abastecimento superficial da água no Brasil, considerando a densidade demográfica e desconsiderando a região amazônica. Também é responsável por abrigar as nascentes dos principais rios de produção hidroelétrica do país, contribuindo com 80% da matriz energética brasileira, além de contribuir para a dessedentação de animais, consumo humano, atividades econômicas como a agropecuária e a indústria, e na manutenção dos processos eco hidrológicos dos biomas diretamente relacionados ao cerrado (OLIVEIRA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014).

Segundo Pinheiro e Scheide (2023), dados recentes apontam que 57% da área nativa original do Cerrado já foi degradada, e a vegetação remanescente se encontra em condições de fragmentação e avançado processo de modificação e pressão antrópica. O avanço do agronegócio na região gera uma demanda crescente por commodities agrícolas, e associado a ausência de mecanismos eficazes de proteção ambiental, geram rápidas mudanças na cobertura da terra. O Cerrado pode perder

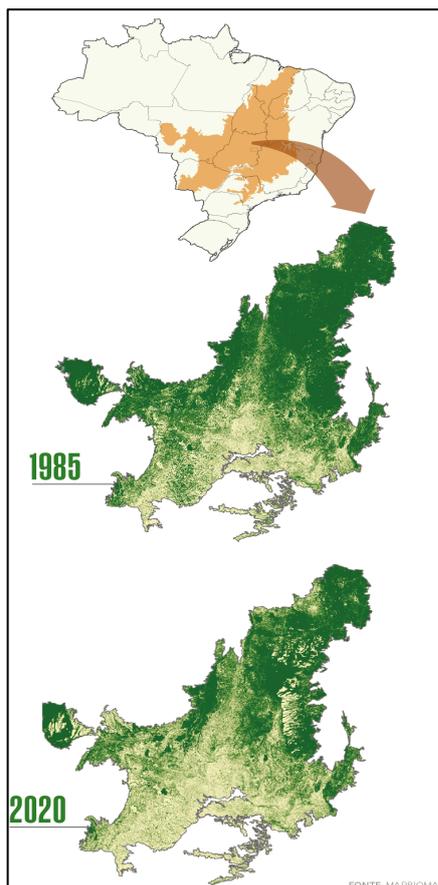
34% da vegetação nativa restante até o ano de 2050, caso não haja redução nas taxas de desmatamento, o que poderia levar mais de 480 espécies endêmicas a extinção (STRASSBURG et al., 2017).

Conforme exemplifica Machado (2013) a Lei n. 4.771/65 foi um marco importante para a proteção do bioma, renovando o Código Florestal, e tornando mais fácil a criação de florestas de preservação permanente, aumentando a proteção às águas e encostas. O Código Florestal é o único documento que cita a proteção ao Cerrado, que atualmente, conta com apenas 8,21% do seu território legalmente protegido, sendo 2,85% representados por Unidades de Conservação de Proteção Integral, e 5,36% representados por Unidades de Conservação de Uso Sustentável, todavia a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e a Comissão Nacional de Biodiversidade recomendam a proteção de 10% (BRASIL, 2023a).

Na opinião de Brochado (2014) o direito ambiental no país se sustenta em três pilares, sendo eles a Constituição Federal de 1988, em seu Artigo 255, A Lei nº 6.938/81 da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e o atual Código Florestal, Lei nº 12.651/12. A Constituição e a PNMA não fornecem proteções específicas para o Bioma Cerrado, já o Código Florestal de 2012 trouxe retrocessos na proteção do Cerrado, permitindo o uso comercial da Reserva Legal (através de plano de manejo sustentável) e sua redução em 50% em estados com 65% das reservas legais em áreas de proteção ambiental, além de isentar propriedades menores do que quatro módulos fiscais, de recuperar áreas de Reserva Legal (PASSOS; KLOCK, 2019).

Como afirmam Oliveira et al., (2014), o Cerrado é um patrimônio biológico de grande importância e com alto risco associado, possuindo um histórico de transformações pela atividade antrópica (humana), responsável por causar grandes perdas vegetativas, fragmentação do habitat de diversas espécies, extinção da biodiversidade, invasão por espécies exóticas, degradação e erosão de solos, poluição de aquíferos, deterioração de ecossistemas, alteração nos ciclos do fogo e do carbono.

Figura 3. Série histórica perda vegetação nativa do Cerrado, 1985-2020.



Fonte: MapBiomias (2020).

Dados atuais apresentados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE (2023)a, apontam que nos primeiros meses deste ano, 2.133 Km² de vegetação nativa foram desmatadas no bioma, o que representa a maior taxa para o primeiro trimestre desde o início da série histórica, em 2004. O alerta foi emitido pelo Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Deter), responsável pela detecção de áreas florestais desmatadas que superam 03 (três) hectares, e emite diariamente relatórios, diferenciando o impacto entre desmatamento integral e degradação oriundas de extração de madeira, mineração, queimadas e outros.

Como destaca Castro (2019), apesar da importância ambiental, social e econômica do Cerrado, ele não é listado na Constituição, Brasil (1988), como patrimônio nacional, fator que influencia diretamente em sua preservação e conservação. O autor discute que a ausência de proteção legislativa, contribui diretamente para o desmatamento, pois comparativamente a Amazônia, a taxa de

perda vegetativa nativa do Cerrado é maior, pois existem mais áreas de reserva legal e unidades de conservação na floresta amazônica.

Conforme discute Trigueiro (2019), na última década foram estabelecidas políticas públicas para combater o desmatamento neste bioma, são destacados o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado, com representantes de diferentes ministérios, como Meio Ambiente, Agricultura e Ciência e Tecnologia, também é citado o Cadastro Ambiental Rural – CAR, que visa a regulação ambiental dos imóveis rurais, além do monitoramento do desmatamento, pelo Projeto de Monitoramento do Cerrado – PRODES, conduzido pelo INPE, sendo estas estratégias semelhantes as adotadas no combate ao desmatamento na Amazônia.

Como destacam Teixeira e Fonseca (2022), o desmatamento histórico do cerrado se deve a expansão da fronteira agrícola na região, como exemplificam os autores a combinação de precipitação adequada, temperaturas moderadas e alta exposição solar oferece condições ideais para aproveitar ao máximo o Cerrado e promover o cultivo comercial. A topografia favorável e os solos profundos, com boa drenagem, tornam a mecanização mais fácil, além disso, a vegetação do cerrado, menos densa do que a floresta, pode ser removida com facilidade.

Teixeira e Fonseca (2022) apontam que os depósitos abundantes de calcário e fosfato no solo e subsolo do bioma, aliados ao desenvolvimento de infraestrutura de transporte, armazenamento e eletrificação rural, preços acessíveis das terras no cerrado e iniciativas para solucionar problemas de fertilidade natural, como a alta acidez do solo, resultaram em rápidas transformações no uso da região. Arrais (2016) destaca que o interesse pela região aumentou durante o governo de Getúlio Vargas, que, com a "Marcha para o Oeste" em 1938, buscava povoar o interior do país e interligar todas as regiões como parte de um projeto de urbanização e superação do subdesenvolvimento.

A Marcha, promovida intensamente pelo governo, visava a ocupação territorial e desenvolvimento agrícola no Cerrado, uma área subdesenvolvida e pouco povoada, principalmente nos estados do Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás), com políticas de colonização que ofereciam terras a baixo custo e incentivos para atrair agricultores. Dessa forma, a Marcha para o Oeste foi crucial para

transformar o Cerrado em uma região de intensa atividade agrícola e desenvolvimento econômico (SOUZA, 2017).

Conforme discutem Vaz e Baltazar (2019), o processo de expansão da fronteira agrícola no país ficou reconhecido como “Revolução Verde”, e teve o apoio estatal, que incentivou a atuação de órgãos internacionais de pesquisa e desenvolvimento, viabilizando a recepção de pesquisadores internacionais, responsáveis pelo treinamento de profissionais, para atuar nos novos órgãos nacionais de pesquisa agropecuária, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e a Agência Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER).

Para Silva (2019) o Cerrado surgiu como um importante potencial agrícola na produção de commodities, sendo um marco histórico ligado à modernização agrícola através de grandes projetos governamentais. Esse potencial tornou-se mais eficaz após a criação da EMBRAPA, na década de 1970 e estudos sobre como inserir essa região periférica no mercado de commodities, tanto no mercado interno quanto externo. A criação da Embrapa foi autorizada pelo presidente Emílio Garrastasi Médici em 1972 por meio da Lei 5.851, Brasil (1972), e no ano seguinte, em 1973, foi formalmente estabelecida através do Decreto 72.020, Brasil (1973), absorvendo a estrutura do extinto Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária (DNPEA).

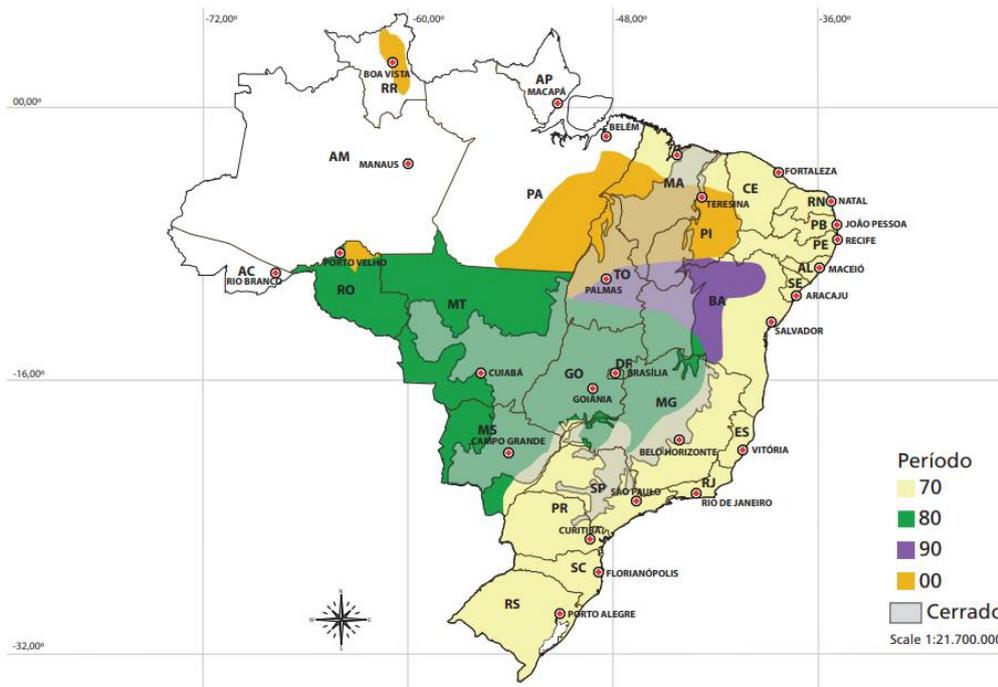
Até a década de 1960, a região utilizava práticas agrícolas tradicionais, resultando em baixa produtividade devido às condições do solo do Cerrado. Na década de 1970, houve uma transformação com a concretização da fronteira agrícola, impulsionada por iniciativas públicas e privadas que alteraram o perfil da agricultura em Goiás. Dois projetos principais, o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), foram fundamentais para viabilizar a produção de grãos na região. O POLOCENTRO, criado em 1975 no contexto do II Plano Nacional de Desenvolvimento durante o governo militar, promoveu o uso de novas tecnologias agrícolas no Centro-Oeste, mas foi desativado em 1980 por não alcançar as metas de produtividade esperadas (SILVA NETO, 2021).

Como argumenta Contini et al., (2020), até a década de 1980, a região ocupada pelo Cerrado representava um vazio demográfico, com cerca de 100 milhões de hectares de terras com potencial agropecuário (aráveis). Os incentivos governamentais, aliados a escassez e aumento do preço de terras, no Sul e no Sudeste, levaram a migração de famílias para ocupar essa região, principalmente para estabelecer o cultivo de grãos. Além da marcha para o Oeste, outros processos fundamentais para a ocupação e expansão agrícola no Cerrado foram a Construção de Brasília (entre 1967 e 1960), as políticas Macroeconômicas das décadas de 1970 e 1980.

Na década de 1990, o governo criou políticas públicas de incentivo a agricultura nacional, com impacto direto no Centro-Oeste, sendo elas o Prêmio de Escoamento de Produtos e Contratos de Opções de Venda de Produtos Agrícolas, garantindo receita mínima aos produtores de monoculturas como milho e soja. Também se destaca a mudança no Sistema Nacional de Crédito Rural, com a inclusão do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) na receita, aumentando o financiamento para médios e grandes produtores, além de ter incentivos aos pequenos produtores por meio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), gerando incentivo financeiro a agricultura familiar (CONTINI et al., 2020).

De acordo com Santana et al., (2020), a partir da década de 1990, o Brasil se tornou destaque na exportação de alimentos. A inclusão dos domínios morfoclimáticos das fronteiras da Amazônia e do Cerrado, e os investimentos em tecnologia, principalmente na viabilização da soja para as condições edafoclimáticas destas regiões, através da produção de sementes transgênicas, foi responsável por um salto produtivo dessa monocultura no Brasil. O cerrado, em uma série histórica, passou de 540 mil hectares de soja plantados em 1975, a 17,4 milhões de hectares em 2015, um aumento de 3.000% em 40 anos.

Figura 4. Análise histórica da expansão da fronteira agrícola sobre o Cerrado.



Fonte: Vieira Filho (2016).

Em uma análise histórica sobre a fronteira agrícola sobre o cerrado, Salomon (2020), destaca que podem ser identificadas três ondas de expansão da fronteira agrícola (figura 08), com a primeira representada pelos incentivos estatais na década de 1970, a segunda através das iniciativas internacionais e avanços em pesquisa nas décadas de 1980 e 1990, que converteram extensas áreas de Cerrado para agropecuária, na região Centro-Oeste e nos estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Tocantins. A terceira onda de expansão, a representa a ocupação da região do MATOPIBA, que se iniciou na década de 1990, e se intensificou a partir dos anos 2000, esta região é majoritariamente coberta pelo Cerrado, abriga 337 municípios e representa a mais nova fronteira agrícola do país.

Como discute Lima (2020), o MATOPIBA foi reconhecido com território pelo Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA, por meio do decreto federal nº 8447, Brasil (2015), que criou um Comitê Gestor para tornar a região uma área de interesse estatal, para planejamento econômico e expansão da agricultura. Esta região compreende áreas do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia, que juntas representam atualmente uma produção de 48 milhões de toneladas de grãos, com área plantada equivalente a 11 milhões de hectares (BRASIL, 2023b).

No período compreendido entre 2000 e 2019, a área de cultivo de soja no Cerrado aumentou 2,4 vezes, alcançando 18,20 milhões de hectares em 2018/19, representando atualmente 51% da área nacional de plantação de soja. No mesmo período, a área de soja no MATOPIBA cresceu 4,3 vezes, passando de 0,97 para 4,18 milhões de hectares, elevando a participação dessa região no cultivo de soja no Cerrado de 13% para 23% (CONAB, 2019).

Sob as atuais práticas de expansão agrícola e proteção limitada, projeções alarmantes indicam que até 2050, entre 31% e 34% do Cerrado remanescente, especialmente no MATOPIBA, poderá ser desmatado, colocando em risco aproximadamente 480 espécies de plantas endêmicas e afetando os ecossistemas e serviços vitais para as comunidades locais e regionais. Essa situação terá sérias implicações tanto para o meio ambiente brasileiro quanto para o setor de agronegócio (STRASSBURG et al., 2017).

Para Bolson (2018), a ameaça ao Cerrado afeta diretamente os biomas que interagem com ele, principalmente a Amazônia, pois ambos constituem uma relação simbiótica, representada pela presença de diversas nascentes da bacia Amazônica que se originam em territórios cobertos pelo Cerrado. Caso o bioma continue a perder sua vegetação nativa, este fator desencadearia a fragilização da floresta amazônica, que é considerada um patrimônio mundial essencial para a manutenção do equilíbrio climático mundial, acarretando o aumento dos processos de aquecimento global e emissão de gases de efeito estufa.

2.2. Mudança do uso da terra por ações antrópicas e monitoramento via satélite

Como sintetizam Giacometti e Dominschek (2018), a ocupação espacial do homem nos diferentes territórios, gera demanda por recursos naturais e a exploração do meio onde se estabelece, visando suprir necessidades como moradia e alimentação, além de estabelecer atividades que visem o lucro. As ações antrópicas contemplam principalmente a urbanização, a industrialização, a extração mineral e vegetal e o uso do solo para produção agropecuária, e historicamente tem impactado diretamente na integridade do meio ambiente, sendo necessário o investimento em pesquisa e inovação, visando alcançar sistemas produtivos mais sustentáveis, que permitam a manutenção dos ecossistemas e reduzam problemáticas ambientais associadas, como o aquecimento global (SILVA, 2021).

De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra, IBGE (2013), o uso e cobertura da terra (UCT) é um termo que contempla o uso do solo para diferentes atividades humanas (antrópicas), com agricultura, pecuária, habitação e outras, em um determinado espaço, gerando modificação em sua cobertura, originalmente ocupada por vegetação natural, mas transformada através de ações que modificam a superfície do solo, visando o desenvolvimento socioeconômico.

A autora Medeiro (2018), esclarece que a mudança na cobertura da terra acontece através de dois processos, o primeiro é representado pela conversão de uma categoria em outra, como exemplo é destacado a mudança do tipo floresta para o tipo pastagem, sendo uma modificação facilmente detectável através de técnicas de

monitoramento remoto, que se difere da mudança dentro da mesma categoria, como por exemplo um espaço de com múltiplas lavouras convertido em uma área de agricultura mecanizada.

Os autores Quintão et al., (2021), delinearão uma série histórica de acompanhamento da mudança de uso da terra no Brasil, com dados oriundos do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) do programa Terra Class, do IBGE, do Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), e do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (LAPIG/UFG). A análise contempla os seguintes biomas brasileiros: a Amazônia, o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga, o Pampa, o Pantanal. Os dados apontam que de 1994 a 2016 cerca de 9% da área florestal do país foi reduzida, e houve um aumento de 21% em áreas de pastagem e 58% em áreas de agricultura.

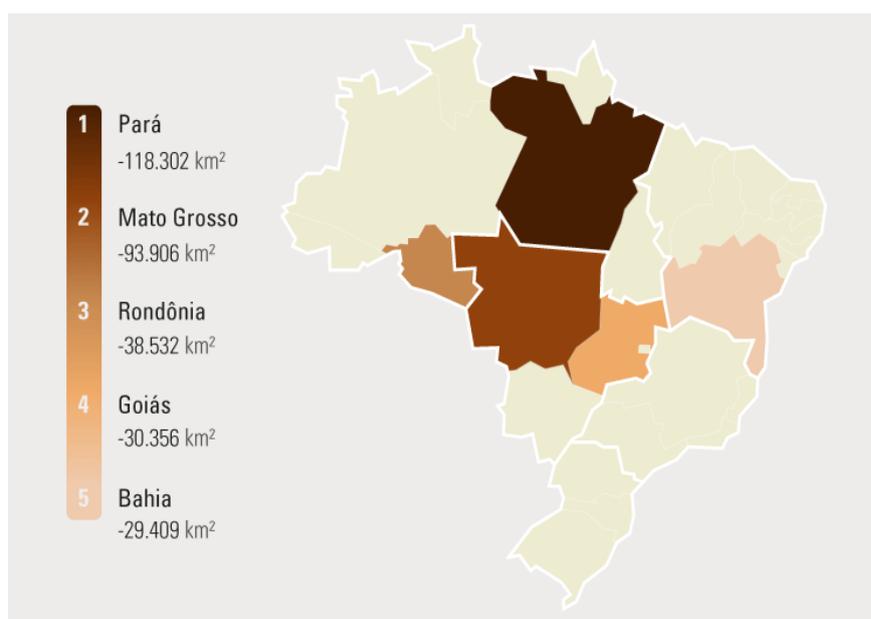
A conversão de vegetação natural para atividade agropecuária, foi responsável pela emissão de 886 milhões de toneladas de CO₂ no período de 2002 a 2010, caindo para 444 milhões no período de 2011 a 2016, sendo a conversão de área de Cerrado o fator de maior contribuição, seguidos pela Amazônia e a Caatinga. Em comparação com a emissão em áreas convertidas de pastagem para lavoura, a emissão registrada é três vezes menor, representando 220 milhões de toneladas entre 2002 e 2010 e 278 milhões entre 2011 e 2016 (QUINTÃO et al., 2021).

De acordo com relatório mais recente do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (GEEs), INPE (2021), o Brasil em uma série histórica, de 1970 a 2021, emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa em 2021, um aumento de 12,5% em relação ao ano anterior, estabelecendo um recorde desde o pico de 2003, onde se registrou aumento de 20%. O relatório esclarece que o aumento nas taxas de desmatamento dos biomas brasileiros, principalmente a Amazônia e o Cerrado, são as causas principais, sendo a mudança de uso da terra responsável por 92% das emissões brutas registradas.

Dados mais recentes do IBGE (2018), apresentam um panorama das mudanças de uso da terra no país, na série histórica de 2000 a 2018, e demonstram que o estado do Pará apresentou redução de 116.086 km², a maior na série histórica. Na primeira década (2000 a 2010) de análise a conversão foi majoritariamente de

floresta para pasto manejado, o equivalente a 53.419 km², e nas análises recentes (2011 a 2018), foram registrados avanços de mosaicos florestais associados a agricultura ou silvicultura, totalizando 25.316 Km². O segundo estado com maior perda vegetal foi Mato Grosso, o equivalente a 71.253 mil km² de área florestal e 22.653 km² de vegetação campestre nativa, sendo o estado com maior crescimento de área agrícola do país na série histórica, com 50.616 mil km², além de configurar como o segundo maior em território de pastagem com manejo, contando com 45.449 mil km².

Figura 5. Redução da Vegetação Natural na série histórica de 2000 a 2018 – Ranking por unidades da federação.



Fonte: IBGE (2018)

Os estados de Rondônia, Goiás e Bahia ocupam as posições seguintes no ranking de perda de vegetação na série histórica (figura 03), incluindo perdas florestais e campestres, principalmente de vegetação nativa do Bioma Amazônia e Cerrado. Juntos os três estados totalizam 98.297 Km² de área nativa transformada pela ação antrópica. No Cerrado, entre 2018 e 2020, a taxa de recuperação da vegetação foi de 0,5%, totalizando apenas 10.000 km², o que demonstra grande disparidade nas taxas de perda e recuperação do bioma, que já possui mais de 50% do seu território original convertido pela ação antrópica (IBGE 2018; TERRA CLASS, 2020).

A autora Silva (2022), caracteriza o desmatamento como um dano ambiental provocado pela ação humana, responsável pela remoção da vegetação nativa, que provoca desequilíbrios de ordem ecossistêmica e na biodiversidade, reduzindo a

população de espécies, podendo, em casos avançados levar a extinção. Outros fatores preocupantes, diretamente associados ao desmatamento são o aquecimento global, o comprometimento do ciclo hidrológico, ocasionado pela perda vegetativa que protege nascentes, e a degradação do solo, podendo gerar processos erosivos.

De acordo com Rosa (2013) o monitoramento das alterações do uso da terra por geoprocessamento desempenha um papel fundamental na compreensão e gestão do ambiente terrestre. Esse campo de estudo está intrinsecamente ligado à forma como a humanidade utiliza e modifica o espaço terrestre para atender às suas necessidades. O método permite o registro dos usos do solo e suas modificações em um determinado espaço, e em séries históricas, verificando tendências passíveis de análise. As categorias de uso estudadas podem incluir agricultura, urbanização, áreas florestais, áreas úmidas, entre outros, além de permitir a identificação de deterioração ambiental, como erosões, desertificação, inundação e assoreamento de cursos d'água.

Segundo Sousa e Giongo (2022), o sensoriamento remoto (SR) é um método essencial para monitorar as mudanças no uso da terra, ele envolve o uso de satélites e aeronaves equipados com sensores para capturar imagens da superfície terrestre em diferentes comprimentos de onda, possibilitando a detecção de mudanças ao longo do tempo, como desmatamento, expansão urbana e erosão do solo. O sensoriamento remoto coleta informações da superfície terrestre sem contato direto com os objetos, usando registros de energia emitida e refletida para diferenciar alvos em uma cena. Isso pode ser feito em três níveis: orbital (satélites), suborbital (aeronaves) e terrestre (pontos fixos, como laboratórios).

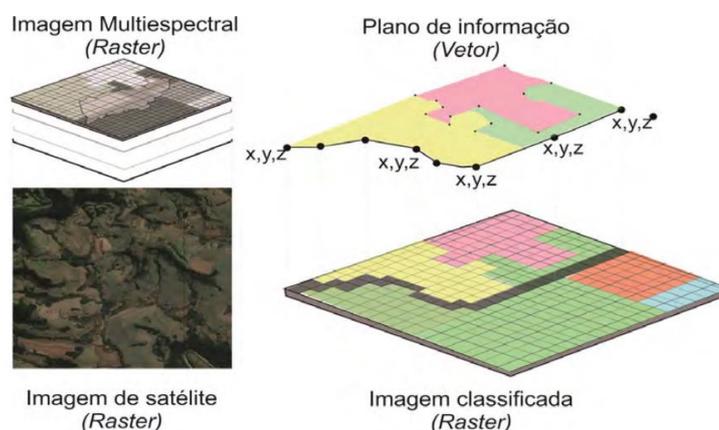
Os dados adquiridos por meio do sensoriamento remoto passam por um método de processamento realizado pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Esses sistemas são componentes essenciais do geoprocessamento, permitindo a captura, armazenamento, edição, consulta e análise de dados espaciais georreferenciados. Essa capacidade de interação entre diferentes bases de dados e a habilidade de realizar modelagem espaço-temporal são características distintivas dos SIG.

Eles também possibilitam a automatização na criação de documentos cartográficos adaptados a diversas necessidades, desempenhando um papel

fundamental no processamento, análise e interpretação de dados geoespaciais, facilitando a identificação e o mapeamento de mudanças no uso da terra, além de criar modelos para prever e compreender tendências futuras com base em dados históricos e atuais (CORRÊA, 2020).

Como definem Valentini et al., (2020), os SIG podem ser reconhecidos também pelo seu termo em inglês, “*Geographical Information Systems – GIS*”, e são constituídos de um sistema de software (programa computacional), que possui um banco de dados abastecido por dados espaciais, coletando e armazenando dados de geoprocessamento, do tipo gráfico (visual), e alfanuméricos. A base de dados de um SIG é formada pelo plano de informação, que caracteriza um ambiente em camadas de observação, permitindo reconhecer limites de território, vegetação (nativa ou cultivada), hidrografia, zona urbana, sistema de vias, bairros, lotes e outros. Os SIG possibilitam a integração de diversos dados de fontes variadas, como mapas, tabelas, fotos aéreas, modelos de elevação, imagens de satélite, informações CAD (desenho assistido por computador), e medições lineares, em um ambiente unificado para armazenamento, gerenciamento, análise e apresentação.

Figura 6. Formatos de dados disponibilizados em um SIG.



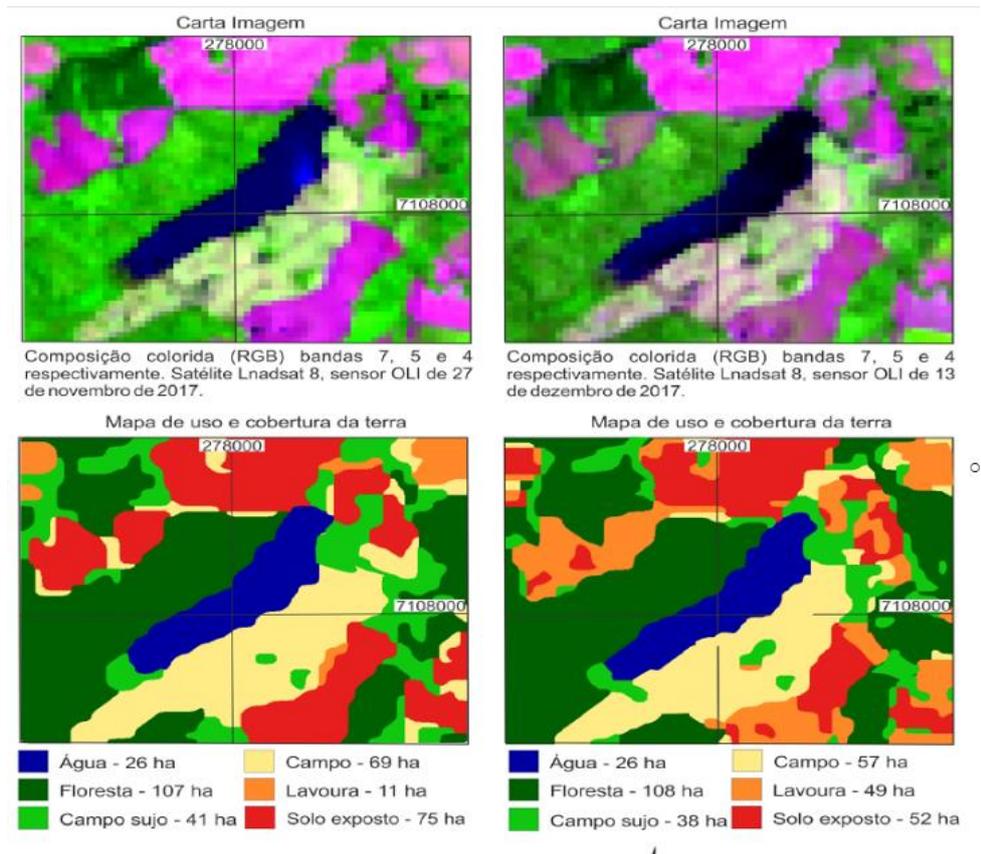
Fonte: Valentini et al., (2020).

Um base de dados do SIG possui dois formatos, o tipo vetorial, utilizado em projetos de CAD, e o tipo raster no formato de imagens de satélites, que possuem resolução definida pela relação do espaço com o pixel, e sua real dimensão

correspondente (figura 10). Para a análise espacial, o formato raster é amplamente utilizado, com alta capacidade de armazenamento e processamento através da análise das células (pixels) de uma imagem, podendo ser aliado ao formato vetorial para criar imagens classificadas. A identificação de atividades antrópicas, pode ser feita aliando dados vetoriais e geométricos, pois a estrutura morfológica da paisagem antropizada é heterogênea, e pode ser classificada, em matriz (unidade dominante da paisagem), corredor (área homogênea e linear da paisagem), mancha (área homogênea, não linear e restrita) e efeito de borda em transformação (VALENTINI et al., 2020).

Existem diversos tipos de SIG, com funcionalidades em comum ou exclusivas, que podem ser pagos ou de código aberto. No estudo de Santos (2023), pode ser observado que, a criação de mapas de uso e ocupação do solo pode ser realizada de várias maneiras, como a coleta de dados em campo, o uso de fotografias aéreas e a análise de imagens capturadas por satélites orbitais. Essas abordagens podem variar em escala, sendo direcionadas para diferentes propósitos, seja em âmbito global, regional ou local.

Figura 7. Método de interpretação de imagem espectral em mapa temático de uso da terra



Fonte: Hendges, Follador e Andres (2022).

A avaliação das mudanças de uso e cobertura da terra, é uma análise espacial, que de acordo com o INPE (2023)b, envolve a obtenção de imagens de satélite e outros dados geoespaciais relevantes. As imagens podem ser adquiridas de diferentes sensores e plataformas, como Landsat, Sentinel, SPOT, entre outros. As imagens de satélite estão disponíveis em três categorias, a primeira é a de banda espectral, e traz imagens do espectro eletromagnético (figura 10), de uma área, e pode ser usada para medir a clorofila de plantas, rastrear incêndios e outras funções.

As outras duas são a resolução espacial, que mostra a imagem da superfície terrestre observada instantaneamente pelo satélite, essencial para verificação qualitativa de usos de terra, e a última é a resolução temporal, que representa o intervalo que o satélite dispõe para registrar o mesmo ponto geográfico, fundamental para compreender as mudanças na cobertura da terra ao longo da série temporal de registro (INPE, 2023)b.

As principais séries de satélites são a Landsat, a SPOT e a Sentinel, que são fundamentais para a observação da Terra e o monitoramento ambiental. A série Landsat, iniciada em 1972 pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos (NASA) e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), oferece imagens de alta resolução em várias bandas espectrais, sendo essencial para o monitoramento ambiental, agrícola e urbano, com o Landsat 9 lançado em 2021. A série SPOT, desenvolvida pela Agência Espacial Francesa (CNES) em colaboração com a Agência Espacial Europeia (ESA) desde 1986, também fornece imagens de alta resolução e é valiosa para cartografia, planejamento urbano e gestão de recursos naturais (EMBRAPA, 2023).

Por sua vez, a série Sentinel, criada pela ESA em parceria com a Comissão Europeia, utiliza sensores avançados para capturar imagens em diversas bandas espectrais, sendo crucial para o monitoramento ambiental, gestão de desastres e pesquisa climática. Cada uma dessas séries desempenha um papel vital na compreensão e gestão dos recursos naturais e do meio ambiente globalmente (EMBRAPA, 2023).

As imagens adquiridas geralmente passam por um processo correção das distorções atmosféricas, radio métricas e geométricas, processo essencial para garantir que os dados sejam precisos e comparáveis ao longo do tempo. A classificação é uma etapa crítica que envolve a categorização das áreas na imagem de acordo com seu uso ou cobertura da terra. Isso é feito por meio de algoritmos de classificação, como classificação supervisionada (com base em amostras) ou não supervisionada (agrupamento automático de pixels com características semelhantes). O resultado é um mapa de uso da terra. Para identificar mudanças no uso da terra ao longo do tempo, são comparados mapas de uso da terra de diferentes datas. Isso pode ser feito por meio de técnicas de análise temporal, como a análise de séries temporais de imagens ou a comparação direta de mapas (INPE, 2023)b.

Atualmente é possível o acesso a Coleção 8 do MapBiomass (2024), uma atualização do projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil, utilizando tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e inteligência artificial para analisar e classificar imagens de satélite. Esta coleção abrange o período de 1985 a

2022, oferecendo uma perspectiva histórica de quase quatro décadas de mudanças no uso e cobertura do solo no país.

Entre as principais características da Coleção 8, destaca-se a maior precisão na detecção de mudanças na cobertura da terra, graças ao refinamento dos algoritmos de classificação e ao aumento da resolução espacial e temporal das imagens utilizadas. Além disso, a coleção inclui novas classes de uso da terra, como áreas de mineração e expansão urbana, e aprimora a identificação de tipos específicos de vegetação e áreas agrícolas (MAPBIOMAS, 2024).

A Coleção 8 do MapBiomias está intimamente relacionada com o Google Earth Engine (GEE), uma plataforma poderosa de processamento e análise de dados geoespaciais. O uso do GEE é crucial para o sucesso e a precisão das análises conduzidas pelo MapBiomias, permitindo o processamento eficiente de grandes volumes de dados de satélite, essenciais para analisar quase quatro décadas de imagens (1985-2022). Essa capacidade de processamento em nuvem é fundamental para lidar com a quantidade massiva de dados envolvidos no mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil (EARTHENGINE, 2024).

A integração com o GEE possibilita o uso de algoritmos avançados de classificação e a aplicação de modelos de aprendizado de máquina para melhorar a precisão na detecção de mudanças na cobertura da terra. Além disso, o GEE facilita a combinação de dados de diferentes sensores de satélite, aumentando a resolução espacial e temporal das imagens utilizadas. Com isso, a Coleção 8 pode incluir novas classes de uso da terra e aprimorar a identificação de tipos específicos de vegetação e áreas agrícolas (EARTH ENGINE, 2024; MAPBIOMAS, 2014).

Essa colaboração também permite o monitoramento mais detalhado de áreas críticas, como florestas, savanas, pastagens e áreas agrícolas, proporcionando uma análise mais precisa das tendências de desmatamento, regeneração natural e uso intensivo do solo. O GEE, com sua capacidade de processamento e armazenamento, aliado ao conhecimento especializado e às ferramentas analíticas do MapBiomias, resulta em uma ferramenta robusta para políticas públicas, gestão ambiental, planejamento territorial e ações de conservação, oferecendo informações valiosas para decisões sustentáveis e a proteção dos recursos naturais do Brasil (EARTH ENGINE, 2024; MAPBIOMAS, 2014).

2.3. Processos de criação de reservatórios artificiais: aspectos técnicos e legais

De acordo com a Resolução nº 302 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Brasil (2002), um reservatório artificial é definido em seu artigo 1º, inciso 01, como uma acumulação de água, que não possui origem natural, cuja água está destinada a múltiplos usos. A maioria dos reservatórios artificiais são construídos em associação com barragens, uma estrutura composta de concreto, enrocamento (aglomerado de terra e pedras) e terra, destinada a represar o curso de água, contendo o fluxo do rio aumentando a armazenagem de água, via captação das águas fluviais ou pluviais (FONSECA, 2013).

Segundo Ayrimoraes, Fontenelle e Cruz (2019) os reservatórios artificiais constituem um mecanismo de aumento da oferta hídrica de uma determina bacia, principalmente em períodos de escassez. Sua construção envolve ações complexas de gestão e infraestrutura, que visam aumentar a disponibilidade da água superficial, e trazem maior seguridade a regiões mais vulneráveis a períodos de estiagem, como o semiárido brasileiro, reduzindo as flutuações sazonais que podem impactar no volume hídrico de rios e outros copos d'água.

Como destacam Fontes e Giudice (2021), o Brasil possui um grande potencial hidroelétrico, que a partir da metade do século XX foi explorado na expansão da matriz energética nacional, com políticas públicas que incentivaram a construção de barragens de grande porte, criando reservatórios artificiais. O país conta atualmente com 3.661 reservatórios artificiais, que totalizam 630,2 bilhões de metros cúbicos de água, deste quantitativo, 92,7% possuem como destinação principal a geração de energia elétrica. As bacias do Paraná, Tocantins-Araguaia e São Francisco totalizam 266 bilhões de metros cúbicos, representando quase um terço da capacidade nacional (ANA, 2022)a.

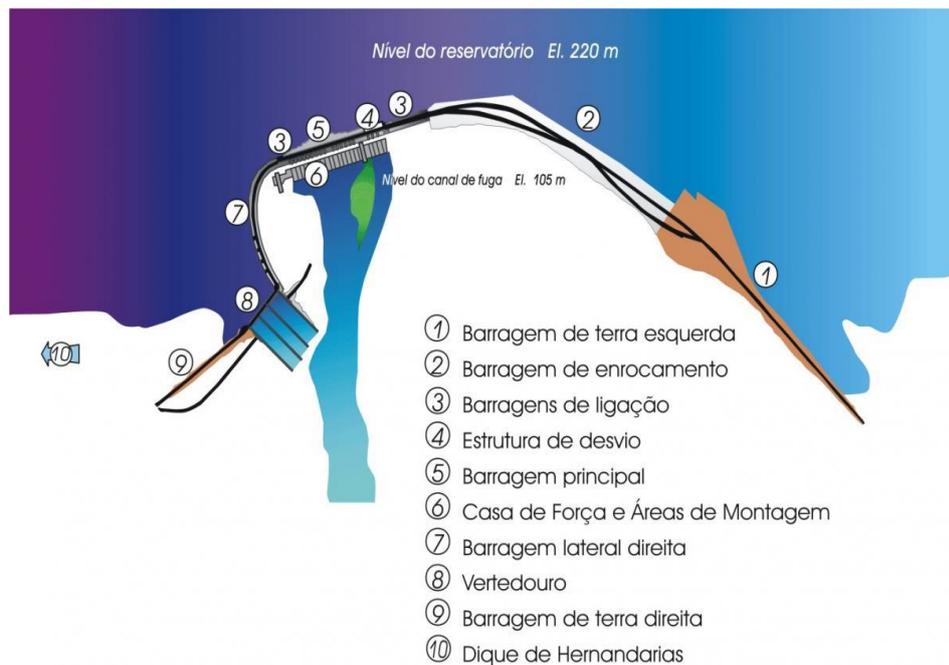
De acordo com as diretrizes atuais da Agência Nacional de Águas, ANA (2022)b, resolução nº 127, que trata da implantação de reservatórios de água, os novos empreendimentos destinados a geração de energia elétrica devem seguir as seguintes etapas: 01 – cadastro empresarial, da usina e dos técnicos; 02 – produção

do projeto de instalação da estação hidrológica; 03 – produção do relatório de instalação da estação hidrológica; 04 – transmissão dos dados hidrológicos em tempo real (enviados ao sistema da Agência Nacional de Águas; 05 – produção de relatórios anuais de funcionamento.

O processo de criação de um reservatório se inicia com uma pesquisa, onde é conduzida uma coleta de dados sobre os recursos hídricos da bacia de interesse, com dados hidrológicos (vazão, drenagem, capacidade, índice pluviométrico, série histórica e regionalização dos cursos d'água), geológicos (solo, relevo, topografia, uso do solo) e cartográficos (coordenadas, localização, área). Posteriormente é elaborado o projeto da barragem, onde é escolhido o local definitivo da obra, os custos, o método de construção e a produzido o anteprojeto (esboço da obra). As finalidades da obra contemplam a captação de água, a regulagem da vazão, a produção de energia elétrica, o amortecimento de cheias, a navegação e a recreação (ANA, 2016).

As barragens possuem formações variadas, de acordo com sua dimensão e finalidade, utilizando o exemplo da usina de Itaipu, uma das maiores produtoras de energia elétrica do mundo, que possui 7.919 metros de extensão e altura máxima de 196 metros, seu reservatório (figura 04) apresenta múltiplas barragens, como a de terra, a de enrocamento, barragens de ligação e barragem principal e as barragens laterais, feitas de concreto, áreas de montagem, casa de força, e o vertedouro, para descarga de parte da água represada (ITAIPU, 2023).

Figura 8. Esquemática do Reservatório da Usina de Itaipu.



Fonte: ITAIPU (2023).

Para Souza (2017) as etapas de segurança do projeto culminam na elucidação da segurança global da barragem, definindo as tensões possíveis e a estabilidade da estrutura para resistir a elas. Se os cálculos de estabilidade não atenderem os critérios de segurança, definidos com a análise de cenários, o projeto é modificado novamente, e em caso de verificação de eficiência estrutural, o projeto pode ser otimizado, gerando maior economia e eficiência. A etapa de dimensionamento, é vital para evitar o rompimento da barragem, prevendo níveis toleráveis de riscos, com monitoramento da estrutura no decorrer de suas atividades.

No que tange a segurança de barragens, a lei nº 12.334, Brasil (2010), estabelece que reservatórios que apresentem capacidade igual ou superior a 3.000.000 (três milhões) de metros cúbicos de capacidade, estão sujeitas a Política Nacional de Segurança de Barragens, que fiscaliza e monitora a operação destes empreendimentos, observando os protocolos de segurança e criando mecanismos emergenciais de mitigação de danos em caso de acidentes ou desastres.

Como destaca Paulino (2022), a partir da década de 1990, o estado brasileiro iniciou um processo de privatização das empresas de energia hidroelétrica, reduzindo a influência da união na geração, transmissão e distribuição de energia no país. A privatização gera uma problemática de aumento dos impactos socioambientais, pois a política das empresas visa preferencialmente o lucro em detrimento das demandas da população local onde os reservatórios são estabelecidos.

O estabelecimento de barragens para a formação de reservatórios artificiais é um processo que precisa, obrigatoriamente, ter um licenciamento ambiental adequado, que segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 237/1997, art. 4º, Brasil (1997), a Lei Complementar nº 140, art. 7º, inciso XIV Brasil (2011), e o Decreto nº 8.437/2015, art.; 2º, XXX, Brasil (2015), compreendem empreendimentos que transformam o potencial hidráulico em energia elétrica. O Licenciamento é de competência da União, representada pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), e em casos restantes aos previstos na legislação citada, fica a cargo das secretarias estaduais de Meio Ambiente.

Paulino (2022) descreve que, o processo de licenciamento dos empreendimentos hidroelétricos, se iniciam pela produção do formulário de caracterização de atividade (FCA), onde serão analisados a competência de licenciamento, os potenciais impactos ambientais e se cria o termo de referência (TR). Depois é estabelecido o processo administrativo, onde devem ser elaborados e apresentados o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e em casos específicos, há o acompanhamento do processo por órgãos de interesse, como a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), quando proposto em terras indígenas, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, quando previsto em territórios históricos e com valor cultural e social, e Ministério da Saúde, quando envolve questões epidemiológicas e de saúde coletiva.

Um EIA é uma avaliação sistemática dos potenciais impactos ambientais de um projeto proposto, visando identificar, prever e analisar as consequências ambientais e sociais antes de sua execução. O EIA inclui a descrição detalhada do projeto, diagnóstico ambiental da área, análise dos impactos potenciais, medidas mitigadoras e um plano de monitoramento. O RIMA, apresenta de forma objetiva e acessível os

resultados do EIA, comunicando ao público e às autoridades as conclusões do estudo, os impactos identificados, as medidas mitigadoras e o plano de monitoramento, em linguagem clara para facilitar a participação e o entendimento da sociedade (BRASIL, 1986a).

No Brasil, a obrigatoriedade e os procedimentos para a realização de EIAs e RIMAs são estabelecidos pela Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, e regulamentados pela Resolução CONAMA nº 001/1986. Essas normas determinam que o EIA é necessário para atividades que possam causar significativa degradação ambiental, garantindo a preservação dos recursos naturais e a sustentabilidade dos empreendimentos (BRASIL, 1986a).

Como define Cruz e seus colaboradores (2016), quanto a criação de reservatórios artificiais, são diversos os impactos sociais e ambientais derivados da atividade. O empreendimento causa mudanças na qualidade da água, do ar e do clima local, leva ao assoreamento de rios próximos, alteração e redução da cobertura vegetal nativa, ameaças à ictiofauna (peixes), como redução populacional, aprisionamento em áreas que secam, influência no ciclo reprodutivo e outros. Também gera uma área inundada, que leva a perda de moradias, de terras agricultáveis e outros meios de subsistência da população local. Portanto, é estritamente necessária a produção do RIMA, que visa avaliar os impactos e propor ações de mitigação e reparação a população e ao meio ambiente.

Os reservatórios artificiais de acordo com resolução nº 302 do CONAMA, Brasil (2002), precisam ter uma área de preservação permanente (APP), que atualmente, conforme consta no Novo Código Florestal, lei nº 12.651, Brasil (2012), é definida no processo de licenciamento ambiental, e deve corresponder a uma faixa horizontal a partir da margem do espelho d'água entre 30 a 100 metros em zona rural e entre 15 e 30 metros em zona urbana. Também é obrigatória a elaboração do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório (PACUERA), com limite de uso até 10% da APP.

De acordo com Silva e Amorim (2022), o PACUERA é um instrumento de planejamento e gestão ambiental que visa regulamentar o uso e a ocupação das áreas no entorno de reservatórios artificiais, garantindo a conservação ambiental, a segurança e o uso sustentável dos recursos naturais. Este documento possui 07 (sete)

temas principais, sendo eles dados geológicos, dados geomorfológicos, suscetibilidade a erosão, declividade, drenagem, presença de APP's e uso e ocupação do solo, nestas fases ocorre o levantamento de dados sobre as características físicas, biológicas, sociais e econômicas da área de estudo, seguido pela análise ambiental, que identifica e avalia os impactos ambientais existentes e potenciais, bem como os usos e ocupações atuais.

Na fase de zoneamento ambiental, são definidas zonas com base em critérios ambientais e de uso sustentável, como zonas de proteção ambiental, de uso controlado, de recuperação e de uso intensivo, estabelecendo critérios e diretrizes para o uso e ocupação de cada zona, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável. A aprovação do PACUERA deve ser precedida de uma consulta ao público, permitindo que a sociedade, órgãos públicos e provados de interesse possam contribuir em sua elaboração (SILVA; AMORIM, 2022).

O estabelecimento de um reservatório gera uma área de influência direta (AID), como estabelecido pela resolução CONAMA 001/86, e refere-se à região geográfica imediatamente e diretamente afetada pelas operações e presença do reservatório. Essa área inclui todas as zonas que sofrerão mudanças ou impactos significativos devido à construção e operação do reservatório, como alagamento de terras, alterações no fluxo de água, mudanças na fauna e flora, e impactos sociais e econômicos nas comunidades locais (BRASIL, 1986b).

Esses impactos podem incluir a inundação de áreas terrestres para formar o reservatório, a modificação dos ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes, o deslocamento de populações humanas e animais, alterações na qualidade da água e no regime hidrológico, e impactos em atividades econômicas locais, como agricultura e pesca. A delimitação da área de influência direta é essencial para o planejamento e a execução de medidas mitigadoras e compensatórias, garantindo que os efeitos negativos sejam minimizados e que se aproveitem ao máximo os benefícios do projeto (BRASIL, 1986b).

2.4. Urbanização e lagos artificiais

A urbanização em torno de lagos artificiais, deve ser planejada com diretrizes ecológicas, como argumenta Souza (2023), para evitar a clandestinidade, especulação imobiliária e criação de vazios urbanos, fatores que fragmentam a cidade e aumentam os custos de gestão urbana. A integração de princípios de ecologia urbana e urbanismo sustentável nas normativas municipais pode promover a equidade social e a qualidade ambiental, protegendo o patrimônio natural para as futuras gerações. O desenvolvimento econômico e a urbanização devem ser conduzidos de forma equilibrada, harmonizando a expansão urbana com a preservação ambiental, para mitigar impactos climáticos e sociais adversos.

De acordo com Rossi et al., (2020), reservatórios artificiais como o do Funil, em Ijaci, Minas Gerais, ao se estabelecerem em uma determinada região, provocam modificações importantes, principalmente no uso e cobertura do solo, onde se reduz a atividade agropecuária, e aumenta a urbanização oriunda de loteamentos e infraestrutura urbana, que surge para a exploração turística do lago formado. Quando se estabelece este tipo de empreendimento, ocorre mudanças políticas importantes, como modificações nos planos diretores das cidades que passam a abrigar o reservatório, possibilitando a urbanização nas regiões adjacentes ao novo lago.

Conforme conceitua Rangel (2020), o Plano Diretor deve organizar o crescimento urbano de forma ordenada, promovendo o desenvolvimento sustentável e melhorando a qualidade de vida da população. Em regiões com reservatórios, um dos aspectos mais importantes do plano diretor é o zoneamento, um instrumento urbanístico que divide o território municipal em zonas ou áreas específicas, cada uma com regras próprias de uso e ocupação do solo. Os principais tipos de zonas relacionadas a região de lagos são zonas residenciais, destinadas predominantemente à habitação, podendo ser subdivididas em zonas de baixa, média e alta densidade, e zonas verdes ou de preservação ambiental, destinadas à conservação ambiental, parques, reservas ecológicas e áreas de lazer.

Segundo Santos e Vasquez (2020), falta de planejamento adequado do poder público têm gerado sérios prejuízos ao meio ambiente, principalmente em regiões próximas a reservatórios, onde a população crescente, se estabelece loteamentos,

porém sem empregos, infraestrutura básica e serviços essenciais. Um exemplo, ocorre nas margens da usina hidrelétrica de Água Vermelha, onde o Ministério Público Federal tem autuado responsáveis por construções irregulares em áreas de preservação, exigindo a demolição das edificações e a reintegração de posse dessas áreas pela empresa AES Tietê S.A.

Neste contexto Guedes e Alves (2023) orientam que o zoneamento adequado em loteamentos de lagos artificiais, contribuir para o conhecimento detalhado da área de pesquisa, permitindo o desenvolvimento de estratégias de gestão e gerenciamento que consideram a significativa pressão antrópica exercida sobre o sistema ambiental. Ao identificar as múltiplas áreas degradadas e os cenários de uso da terra, o estudo define o grau de pressão antrópica e o valor de comprometimento ambiental. Com base nisso, propõe medidas específicas para cada zona, focando na preservação, conservação e recuperação ambiental, especialmente em relação à manutenção e recuperação de áreas vegetais degradadas.

O zoneamento utiliza o cálculo do Índice de Comprometimento Ambiental (ICA) como ferramenta inicial, mas adaptável, para responder à dinâmica da área em estudo. Assim, ele proporciona uma base para discussões sobre as pressões antrópicas e aponta caminhos para a estabilização ambiental, promovendo um futuro sustentável para o reservatório e sua zona de amortecimento. A pesquisa, portanto, oferece soluções que viabilizam a continuidade dos serviços ecossistêmicos para a sociedade local, beneficiando tanto as gerações atuais quanto as futuras (GUEDES; ALVES, 2023).

2.5. Licenciamento e criação do Reservatório Corumbá IV

Conforme discute Peixoto (2009), o processo de licenciamento do projeto da Usina Hidrelétrica (UHE) Corumbá IV se iniciou no primeiro mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso (1999-2002), período marcado por uma ênfase em parcerias com empresas privadas e uma redução da ação estatal. No setor elétrico, essas mudanças resultaram na privatização de empresas sob controle federal, refletindo a necessidade de ampliar a oferta de energia para sustentar o crescimento econômico do país.

Em 1999, a capacidade instalada era insuficiente para acompanhar o desenvolvimento econômico, o que demandava uma expansão de cerca de 15 mil MW para o período de 2000-2003. Nesse cenário, foram finalizados os estudos de partição de queda e inventário hidrelétrico da bacia do Alto Corumbá, conduzidos pela empresa Via Engenharia e aprovados pela ANEEL no mesmo ano. Esses estudos foram baseados em dados secundários de instituições públicas e privadas, sem uma investigação detalhada das questões locais (PEIXOTO, 2009).

O licenciamento ambiental do projeto começou em 1999, sob responsabilidade da Agência Goiana do Meio Ambiente, processo nº 02001.007059/2001-33, que concedeu as licenças prévia e de instalação até 2001. O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) realizado posteriormente apresentou uma visão mais aprofundada da região e do contexto local, abordando temas como ocupação histórica, dinâmica populacional, infraestrutura, qualidade de vida, indicadores sociais, atividades econômicas, e turismo e lazer (BRASIL, IBAMA, 2010).

No entanto, como explana Peixoto (2009), o diagnóstico refletiu mais a coleta de dados estatísticos de forma indireta do que um levantamento detalhado em campo. Além disso, não houve um debate explícito sobre a autonomia dos municípios ou as possíveis consequências da implementação da UHE Corumbá IV para cada localidade, focando mais na caracterização regional e no impacto das políticas públicas do que nas especificidades locais.

Como descreve Medeiros (2015), o reservatório da Usina Hidrelétrica Corumbá IV inundou áreas de sete municípios goianos (Abadiânia, Alexânia, Corumbá de Goiás, Gameleira de Goiás, Luziânia, Santo Antônio do Descoberto e Silvânia) e parte do Novo Gama, no Distrito Federal. Com uma área de 173,3 km², desapropriou parcial ou totalmente 634 propriedades em um total de 27,5 mil hectares de terras adquiridas pela concessionária.

O lago adota um regime conhecido como deplecionamento, que estabelece cotas de dimensionamento entre 837 e 842 metros, para funcionamento do empreendimento, o reservatório que possui uso múltiplo (geração de energia e abastecimento) provoca grandes variações nas áreas inundadas durante os ciclos de chuvas e seca do cerrado, impactando a produtividade local, a regulamentação

ambiental e o gerenciamento do lago. Isso evidencia a dimensão dos impactos humanos, territoriais e ambientais do empreendimento (MEDEIROS, 2015).

No EIA da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, elaborado pela Agência Goiana de Meio Ambiente (LAP nº 017/99, prorrogada pela LAP nº 013/2000), foram identificados vários impactos socioeconômicos, e foram expostas medidas de mitigação e compensação através de um Plano Básico Ambiental. As medidas incluíram programas de controle ambiental, educação, segurança no trabalho, desapropriação, relocação de infraestrutura, resgate arqueológico, monitoramento sísmológico, divulgação ambiental, resgate de fauna e flora, conservação de ictiofauna, monitoramento de carnívoros, recomposição do bioma, recuperação de áreas impactadas, monitoramento da qualidade da água e alterações climáticas, controle de erosões, zoonoses e raiva dos herbívoros, além de estratégias de emergência e planejamento para uso múltiplo do reservatório (DÉROULÉDE, 2005).

Apesar das licenças concedidas pela Agência Ambiental de Goiás, denúncias de danos socioambientais e patrimoniais levaram a uma paralisação do licenciamento da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, com a intervenção de órgãos como a Promotoria de Justiça de Luziânia e o Ministério Público de Goiás. O IBAMA encontrou diversas irregularidades e recomendou a paralisação das obras, apontando falhas na gestão ambiental e na concepção do projeto. O licenciamento foi transferido para a esfera federal, resultando em novos debates e atrasos, e causando prejuízos financeiros ao consórcio. O projeto foi incluído no Planejamento Anual da Operação Energética de 2002 e no PPA 2004/2007, mas enfrentou críticas quanto à sua eficiência energética e ao impacto ambiental significativo (PEIXOTO, 2009).

Segundo dados cronológicos do IBAMA (2008), as etapas de implementação da UHE Corumbá IV incluíram a aprovação do Inventário Hidrelétrico junto à ANEEL (despacho nº 392), Brasil (1999) e a Licença Prévia emitida pela Agência Ambiental de Goiás (AAG) nº 017. Posteriormente, foram aprovados os estudos de viabilidade junto a ANEEL (despacho nº 84), Brasil (2000), o edital do Aproveitamento Hidrelétrico Corumbá IV, e realizada a assinatura do contrato de concessão, que estabeleceu a outorga da exploração por 35 anos (despacho ANEEL nº 126), Brasil (2000) e a fundação do consórcio Corumbá Concessões S.A, vencedora da licitação junto a ANEEL em 2000.

Em 2001, foi emitida a licença para o estabelecimento do canteiro de obras, e aprovado o projeto básico que estabeleceu a data para operação comercial do primeiro gerador, no ano de 2004, e do segundo em 2005 (despacho ANEEL nº 203), Brasil (2001). Neste ano também foram estabelecidos os estudos federais de licenciamento, embasando a Licença Prévia (LP) e Licença de Instalação (LI). Em 2003, por decisão da Justiça Federal em Goiás (6ª vara), a uma ação civil pública proposta pelos MPF e MP/GO, o licenciamento foi transferido para o IBAMA, e em 2004 foi emitido o Termo de Ajuste de Conduta entre o Consórcio Corumbá e IBAMA. A licença de operação (IBAMA nº 514) foi emitida no dia 22 de dezembro de 2005, possibilitando a inauguração da UHE no dia 04 de fevereiro de 2006 (IBAMA, 2008).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

O presente estudo foi conduzido na área onde se localiza o reservatório de Corumbá IV, situado no estado de Goiás, abrangendo parte dos municípios de Abadiânia, Alexânia, Luziânia, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto, Silvânia e Corumbá de Goiás. Com uma extensão de cerca de 173 km², o reservatório está localizado no curso principal do Rio Corumbá e foi construído para o estabelecimento da Usina Hidrelétrica de Corumbá IV, localizada nas coordenadas geográficas 16° 19' 22.15" Sul e 48° 11' 4.82" Oeste (CORUMBÁ CONCESSÕES, 2024a).

Figura 9. Área de Estudo – Localização Geográfica do Lago Corumbá IV e UHE Corumbá IV.



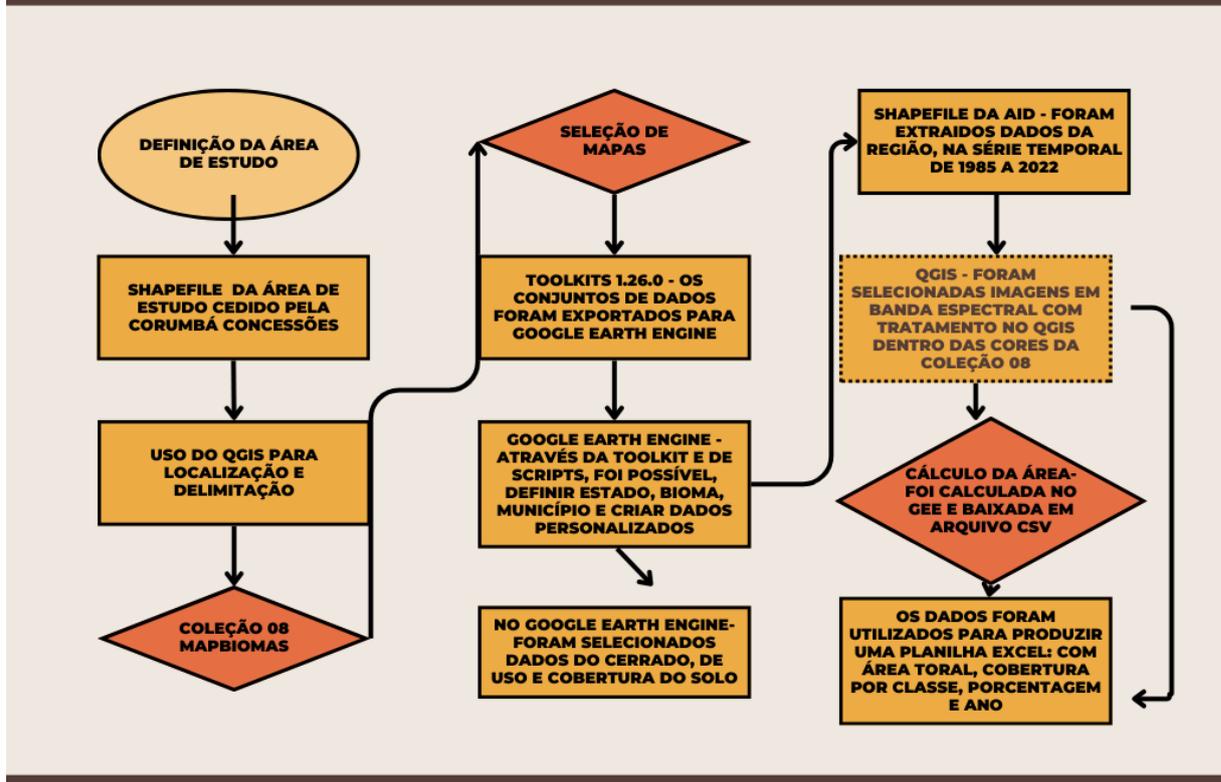
Fonte: Elaborado pela autora

Os estudos foram conduzidos na Área de Influência Direta (AID), do reservatório, e compreende o espaço físico sujeito a possíveis interferências diretas da construção da barragem. A AID representa o entorno do lago, e de acordo com dados fornecidos pela Empresa Corumbá Concessões (2011), em seu plano ambiental, possui uma área equivalente a 713,428 Km², e compreende o território que pode sofrer alterações imediatas (relacionadas ao deplecionamento, secas, cheias, uso antrópico e outras dinâmicas do reservatório), influenciadas pela proximidade com o lago (SILVA; PAULA, 2022).

3.2. Mapas de Uso e Cobertura do Solo

Neste estudo são utilizados, os mapas de uso e cobertura do solo produzidos pelo projeto MapBiomias, dedicado a analisar a dinâmica das mudanças no uso e cobertura do solo no Brasil desde 1985 até os dias atuais, abrangendo os seis biomas brasileiros: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (MAPBIOMAS, 2024a). Estes dados foram escolhidos para análise, devido a sua metodologia baseada em automatização do processamento, que permite a produção de um grande quantitativo de imagens para gerar as séries históricas, que representam os mapas de uso e cobertura do solo.

FIGURA 10. FLUXOGRAMA DAS ETAPAS METODOLÓGICAS DA PESQUISA



Fonte: Elaborado pela autora.

Os mapas e dados sobre cobertura do uso da terra empregados neste estudo foram obtidos da coleção 8 do MapBiomas (2024a), que é uma compilação elaborada com base em imagens do satélite Landsat, abrangendo uma série temporal de 30 anos. Esta coleção oferece uma visão abrangente e detalhada da dinâmica da cobertura terrestre ao longo do tempo. O banco de dados utilizado inclui imagens dos satélites Landsat 05 TM, Landsat 07 ETM+ e Landsat 08 OLI, (figura 10) disponibilizados através da plataforma Google Earth Engine, EarthEngine (2024), e sob domínio da National Aeronautics and Space Administration (NASA) e do United States Geological Survey (USGS).

Essa extensa base de dados proporciona uma valiosa fonte de informações para análises de longo prazo sobre mudanças na cobertura do solo, permitindo uma compreensão mais ampla dos padrões e tendências ao longo do tempo. São 29 classes de uso mapeadas, que cobrem o período de 1985 até 2022, (quadro 01), divididas em classes como floresta, formações naturais não florestais, agropecuária, área não vegetada, corpos d'água e outras definições mais específicas, com cada

classe identificada por um código numérico (ID), um código hexadecimal e sua cor correspondente (MAPBIOMAS, 2024b).

Como pode ser observado no quadro 01, a atual coleção do MapBiomias disponibiliza uma ampla variedade de legendas para os diferentes usos e coberturas da terra. Neste estudo, a ADA do Lago Corumbá foi submetida a análise na série temporal, onde foram identificados os tipos de uso e cobertura da terra, a área total correspondente a cada classe e a porcentagem em relação ao tamanho total da área estudada.

3.3. Coleta de Dados

Os dados foram coletados no portal MapBiomias utilizando os toolkits disponíveis na seção de downloads. Esses toolkits permitem acessar informações por estado, bioma, município e outras geometrias, e são organizadas dentro da plataforma Google Earth Engine (GEE). Posteriormente, no GEE, foi adicionado um shapefile com a área de interesse da pesquisa, AID do Reservatório Corumbá IV, elaborado na ferramenta QGIS, versão 3.36.2, para delimitação do local de análise.

No GEE, foram utilizados scripts, que constituem conjunto de instruções ou comandos que são escritos em uma linguagem de programação. Neste estudo os scripts foram usados para automatizar processos repetitivos ou complexos relacionados à análise de dados geoespaciais, como coletar, manipular e analisar informações geográficas, como mapas, imagens de satélite ou dados de GPS, fornecidos pela coleção 08 do Mapbiomas. A linguagem de programa utilizada foi o JavaScript, uma linguagem de programação usada principalmente para criar páginas da web mais interativas e dinâmicas, e que também permite aos usuários manipular e analisar grandes conjuntos de dados geoespaciais de forma eficiente.

Os scripts foram na geração de análises complexas e visualizações personalizadas diretamente na plataforma GEE. No contexto do MapBiomias, os scripts são carregados para acessar os dados de Cobertura e Uso da Terra (land use and land cover), como o toolkit 1.26.0. Esses scripts fornecem comandos específicos para acessar e manipular os dados do MapBiomias dentro do ambiente do GEE. Por exemplo, é possível especificar a região de interesse, como a região MapBiomias

Brazil, escolher a coleção de dados desejada, como a coleção 8, e selecionar o bioma de interesse, como o cerrado.

Uma vez carregados os scripts e configuradas as opções de interesse, como a região e o período de análise, é possível realizar operações como a seleção de imagens da série temporal, entre 1985 a 2022, e a aplicação de filtros para processar e analisar essas imagens. No caso específico do Reservatório Corumbá IV, foram inseridos shapefiles específicos para delimitar a área de estudo. Após a seleção das imagens da série temporal, as mesmas podem ser tratadas e classificadas utilizando ferramentas externas como o QGIS, onde é possível aplicar técnicas de análise, como o uso de gradiente de cor espectral, para realizar a classificação das áreas e identificar padrões de cobertura e uso da terra ao longo do tempo.

Os scripts no GEE permitiram o acesso, a manipulação e a análise dos dados do MapBiomas de forma eficiente, enquanto o QGIS foi utilizado para complementar as análises e gerar visualizações personalizadas. Após o carregamento dos scripts do MapBiomas, foi detectado os comandos referentes aos dados de Cobertura e Uso da Terra (land use and land cover), representados pelo toolkit 1.26.0, onde foi inserida a região MapBiomas Brazil, a coleção 8, o bioma cerrado e os dados para cobertura e uso da terra. Posteriormente, foram inseridos os shapefiles específico da região do Reservatório corumbá IV e selecionadas as imagens da série temporal, entre 1985 a 2022. As imagens foram tratadas no QGIS, utilizando o gradiente de cor espectral, para classificação das áreas.

Para mensurar quantitativamente a cobertura e uso da terra pelas diferentes classes, foi utilizado o cálculo de área utilizado vetores no GEE, onde foi inserido o arquivo da área de interesse e executado o comando. Os dados foram baixados em formato CSV, para utilização na ferramenta Microsoft Excel, no formato de planilha de dados, onde foi possível verificar informações como ano, área da classe de cobertura, porcentagem e área total (figura 10).

3.4. Classificação e Análise dos dados

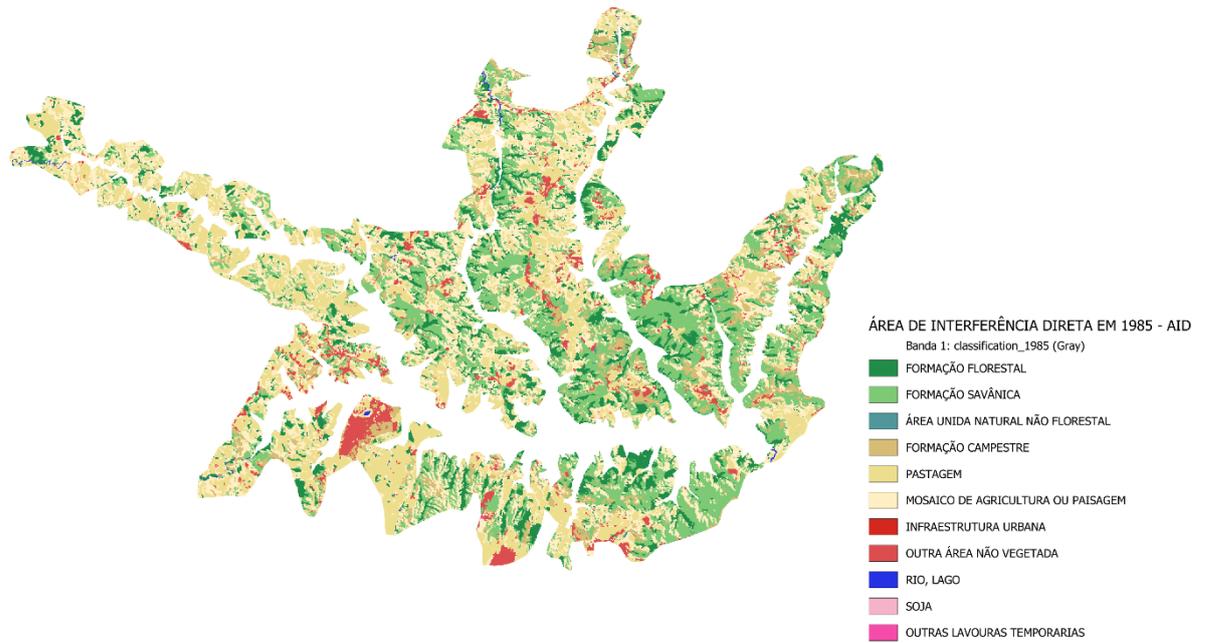
A partir dos dados presentes no Excel, foram identificadas, através do uso da tabela de classificação do MapBiomas (Anexo I), as classes presentes na série temporal da AID do Lago Corumbá IV. Foram detectadas as seguintes classes:

Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Pastagem; Mosaico de Agricultura; Infraestrutura Urbana; outra área não vegetada; Rio ou Lago; Soja; Outras Lavouras Temporárias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

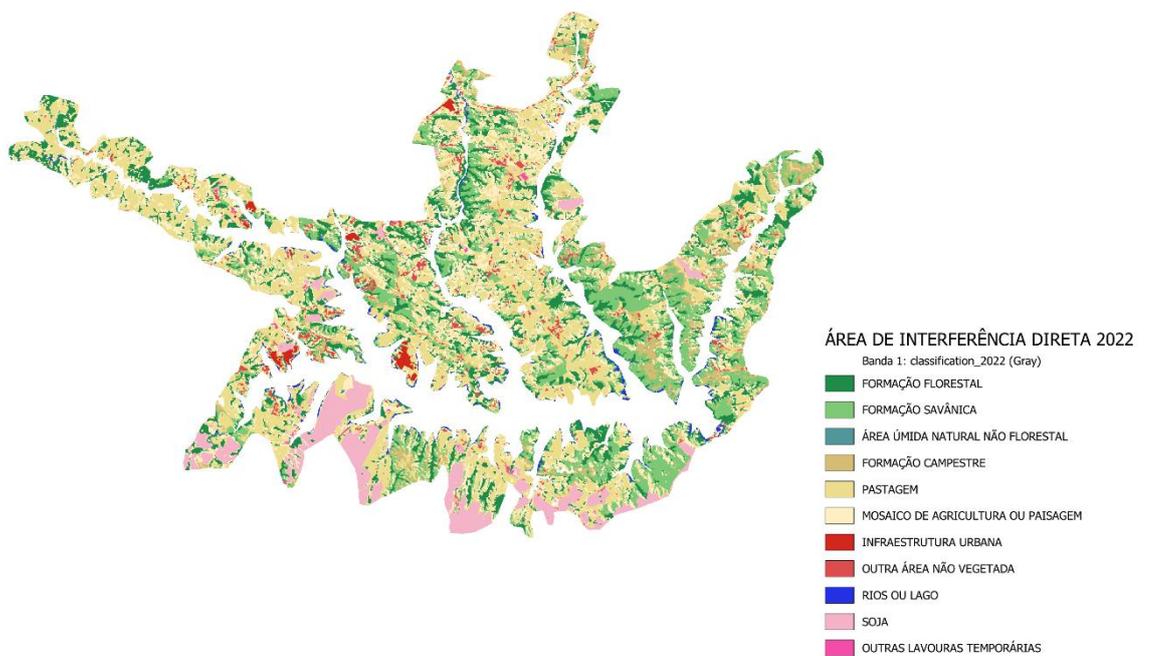
Nos tópicos a seguir, é abordada a transformação da bacia do alto rio Corumbá com a implementação das Usinas Hidrelétricas Corumbá III e IV. A análise inclui dados sobre a evolução da área do reservatório, estudando as principais classes reconhecidas na Coleção 8 do MapBiomas: Rio ou Lago, que representa o processo de inundação; Formações Florestais, que incluem vegetação nativa de cerrado, matas ciliares e de galeria, além de florestas plantadas; Formações Savânicas, que abordam a vegetação típica de cerrado; Formações Campestres, que cobrem campos naturais; Campos alagados e pântanos, áreas inundadas ou com afloramento de águas subterrâneas; Pastagens, que são campos plantados pelo homem para pecuária extensiva; Agricultura, que inclui mosaicos, culturas perenes e temporárias; e Urbanização, que acompanha a infraestrutura urbana na AID do Reservatório Corumbá IV.

Figura 11. Área de Influência Direta do Lago Corumbá IV em 1985.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 12. Área de Influência Direta do Lago Corumbá IV em 2022



Fonte: Elaborado pela autora

Como observado nas figuras 11 e 12, a região de estudo sofreu grandes transformações na cobertura e uso da terra, na série histórica de estudo (1985-2022), como o aumento de áreas convertidas para o plantio da monocultura da soja, e o crescimento expressivo de infraestrutura urbana nas margens do lago. Essas questões serão exploradas de forma aprofundada, nos resultados e discussões deste estudo.

4.1. Rio ou Lago

De acordo com informações disponibilizadas pela Corumbá Concessões (2024b), e pelo estudo de Peixoto (2009), a bacia do alto rio corumbá passou por estudos de viabilidade para implementação de umas duas usinas hidrelétricas, durante os anos de 1998 e 1999, sendo elas a Usina Corumbá III e a Usina Corumbá IV. Entre 2000 e 2005 ocorreu a construção do empreendimento, e o alagamento da área onde atualmente se localiza o Lago Corumbá IV, transformando mais de 170 quilômetros quadrados de cerrado em rio, visando abastecer 40 milhões de pessoas.

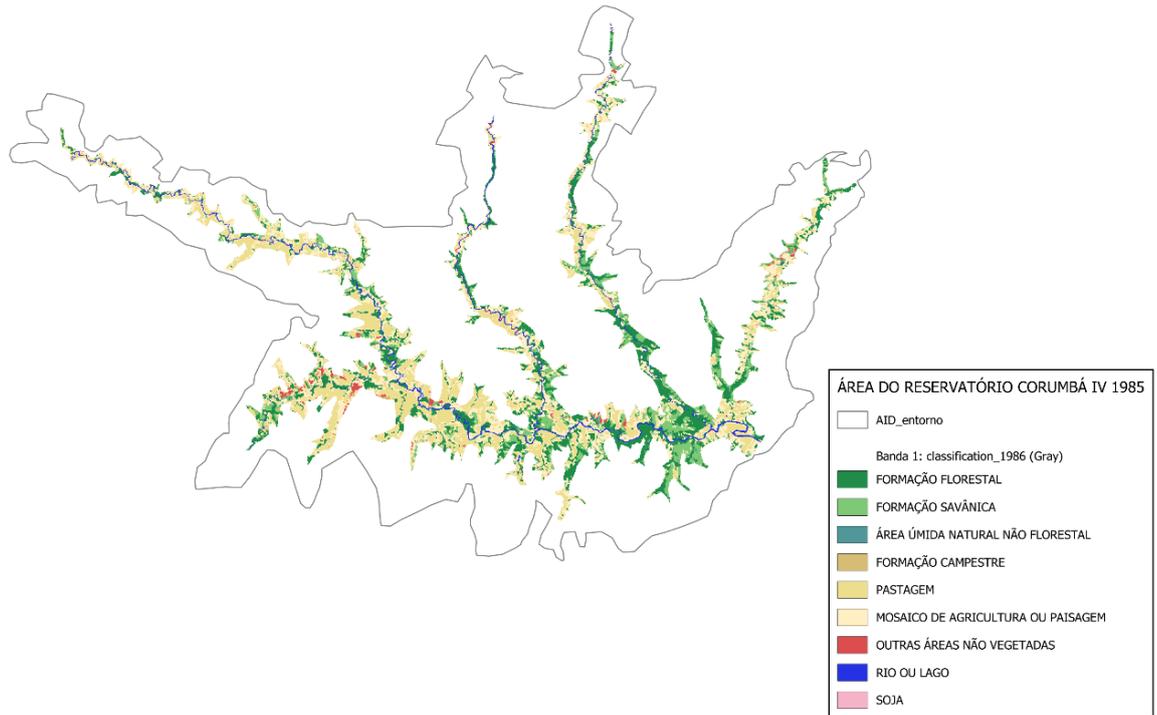
Tabela 1. Panorama da evolução da classe Rio ou Lago na área do reservatório Corumbá IV

Ano	Área correspondente a Rio ou Lago	Porcentagem (%)
1985	8,063 Km ²	3,89
1986	8,367 Km ²	4,04
1987	8,501 Km ²	4,10
1988	8,460 Km ²	4,10
1989	8,481 Km ²	4,09
1990	8,609 Km ²	4,16
1991	8,387 Km ²	4,05
1992	8,320 Km ²	4,02
1993	7,939 Km ²	3,83
1994	7,859 Km ²	3,79
1995	7,585 Km ²	3,66
1996	6,680 Km ²	3,22
1997	6,452 Km ²	3,11
1998	6,026 Km ²	2,91
1999	5,979 Km ²	2,89
2000	5,055 Km ²	2,45
2001	4,936 Km ²	2,39
2002	5,482 Km ²	2,65
2003	5,5702 Km ²	2,69
2004	8,0922 Km ²	3,92

2005	115,364 Km ²	55,77
2006	156,973 Km ²	75,88
2007	158,498 Km ²	76,71
2008	158,361 Km ²	76,73
2009	158,815 Km ²	76,92
2010	159,891 Km ²	77,29
2011	160,551 Km ²	77,59
2012	160,315 Km ²	77,47
2013	160,011 Km ²	77,33
2014	160,974 Km ²	77,80
2015	161,027 Km ²	77,83
2016	160,847 Km ²	77,74
2017	161,119 Km ²	77,87
2018	161,202 Km ²	77,90
2019	161,024 Km ²	77,81
2020	161,289 Km ²	77,94
2021	161,453 Km ²	78,02
2022	161,520 Km ²	77,95

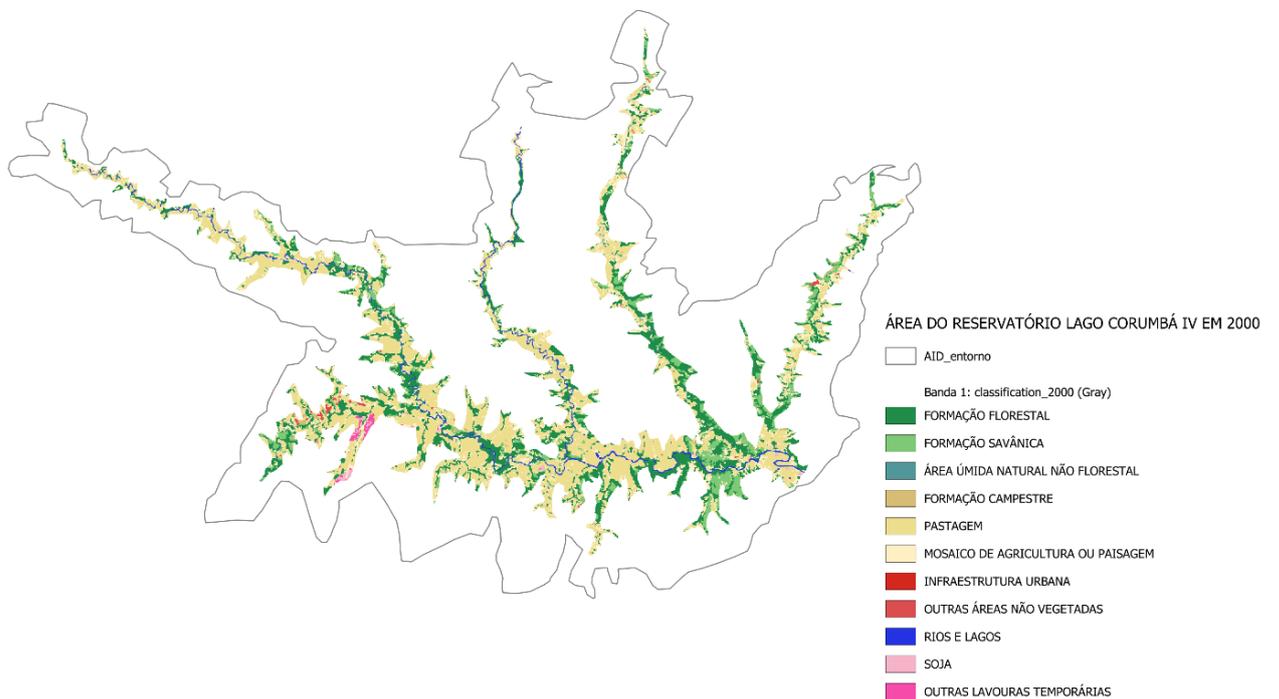
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13. Área do Reservatório Corumbá IV em 1985



Fonte: Elaborada pela autora

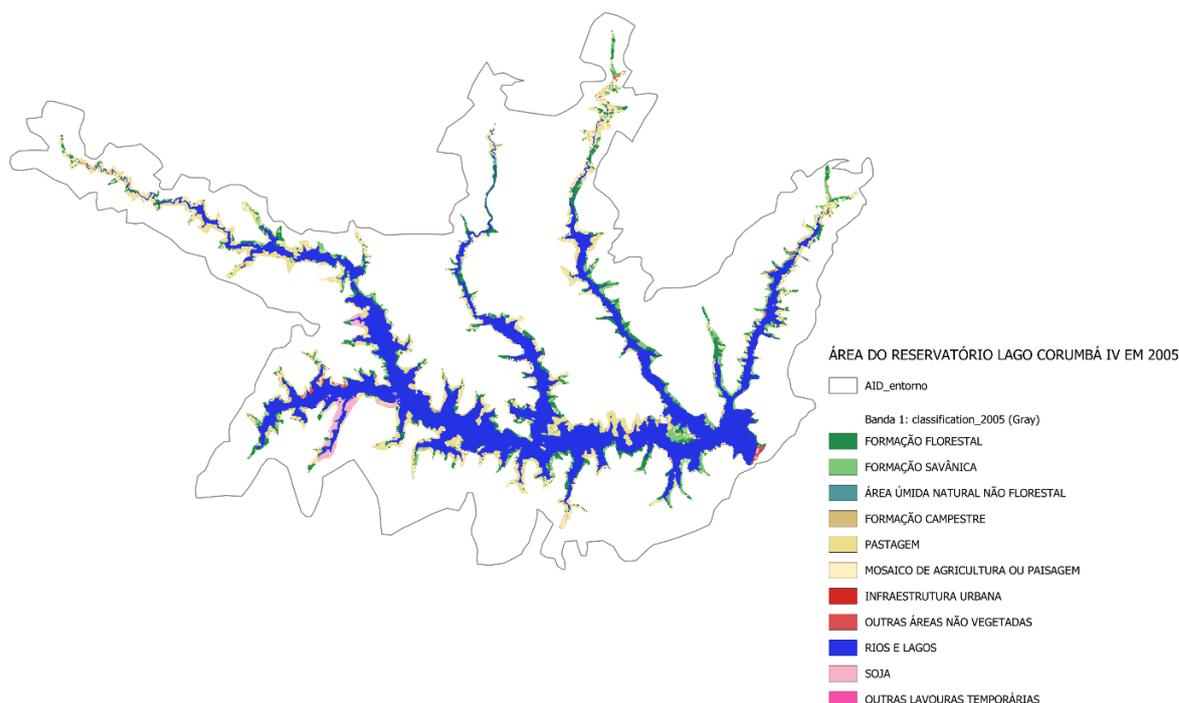
Figura 14. Área do Reservatório Corumbá IV em 2000.



Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com dados da pesquisa, a inundação da área onde hoje se localiza o Lago Corumbá, foi responsável pela supressão de uma grande área de formação florestal, majoritariamente nativa, que em 2004 correspondia a 49,930 Km² e foi reduzida para 9,925 Km² em 2006, ano inaugural do empreendimento. Outro dado importante é a redução de savana, que em 2004 cobria uma área de 19,667 Km² e foi reduzida para 8,740 Km² em 2006. O maior decréscimo observado foi em pastagens, que ocupavam em 2004 uma área 67 Km², reduzindo para apenas 15,040 Km² em 2006.

Figura 15. Área do Reservatório Corumbá IV em 2005

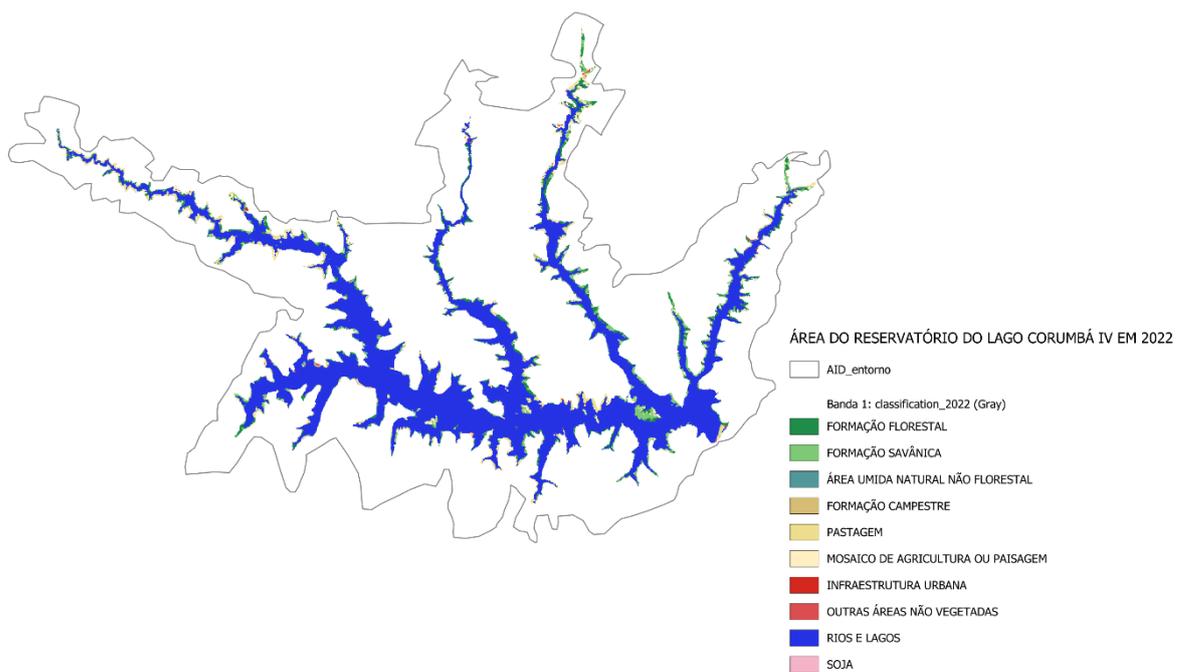


Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme argumenta Silva (2012), os estudos de viabilidade para a implantação do lago na bacia do Rio Corumbá revelaram que a região era extensivamente explorada pelo homem, com grande parte da vegetação natural já convertida em pastagem para atividades de pecuária extensiva. Os dados do estudo indicaram que 521 km² da área da bacia, correspondendo a 60,3% das propriedades

rurais da região, eram utilizados para cultivo e criação de gado. Esses achados corroboram os dados da pesquisa, demonstrando uma significativa conversão de pastagens em áreas de rio e lago, com uma parcela considerável do cerrado nativo sendo substituída por essas classes de uso do solo.

Figura 16. Área do Reservatório Corumbá IV em 2022



Fonte: Elaborada pela autora.

Os dados da pesquisa revelam uma grande mudança na área classificada como Rio ou Lago, onde em 2004, a área total correspondia a 8,092 Km², crescendo para 115,364 Km² em 2005 e atingindo 156,793 Km² em 2006, ano de inauguração da UHE Corumbá IV, um aumento percentual de 1.950%. O volume hídrico do Lago Corumbá IV é estimado em 3,7 trilhões de litros, o que equivale a cinco vezes o tamanho do Lago Paranoá, em Brasília, Distrito Federal. Para a viabilização do projeto, foram levantadas as propriedades (públicas e privadas) diretamente afetadas, totalizando 623 terrenos, adquiridos pela companhia através de um programa de

aquisição de terras, o que representou a compra de 27.500 hectares (SILVA & OLIVEIRA, 2009).

Formação Florestal

Conforme apresentado no referencial teórico deste estudo, a região onde se localiza o Lago Corumbá IV, é parte do território ocupado pelo bioma cerrado. Como indica Silva (2020), ao analisar a cobertura do solo desta localidade, o território pode apresentar formações florestais do tipo Floresta Natural, que pertencem as fitofisionomias do cerrado, sendo elas: as matas ciliares, as matas de galeria, a mata seca e o cerradão. Também podem ser consideradas na análise, florestas plantadas, com finalidade comercial, onde se destacam os cultivos do eucalipto, da seringueira e coníferas (pinheiros e araucárias).

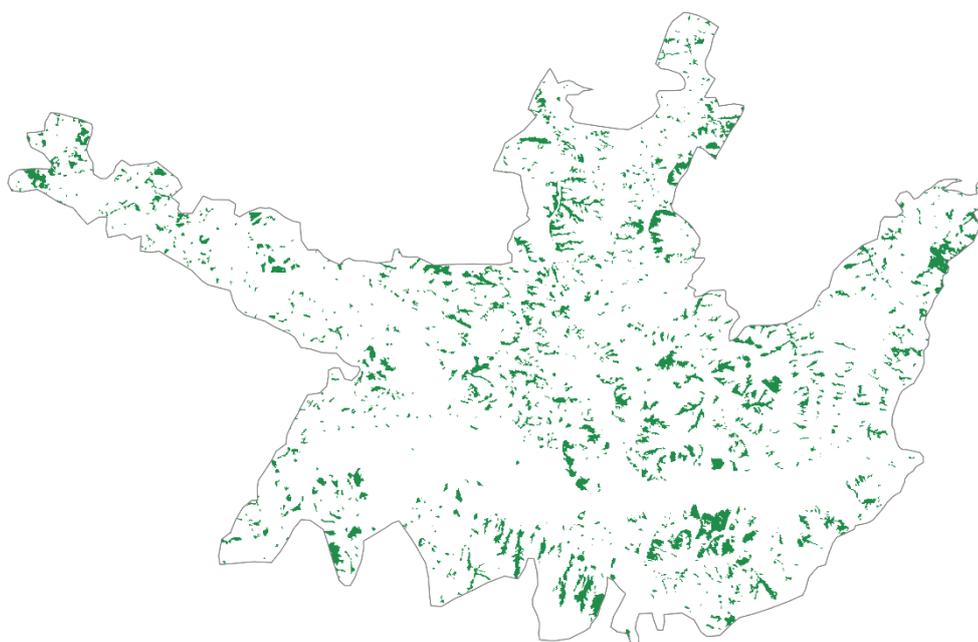
Tabela 2. Panorama da evolução da classe Formação Florestal na área do reservatório Corumbá IV

Ano	Área correspondente a formações florestais	Porcentagem (%)
1985	77,662 Km ²	10,93
1986	90,456 Km ²	12,73
1987	96,586 Km ²	13,59
1988	98,466 Km ²	13,86
1989	102,206 Km ²	14,38
1990	102,275 Km ²	14,47
1991	100,301 Km ²	14,25
1992	100,137 Km ²	14,24
1993	99,178 Km ²	13,96
1994	99,819 Km ²	14,05
1995	98,376 Km ²	13,84
1996	97,987 Km ²	13,79
1997	99,164 Km ²	13,95
1998	96,207 Km ²	13,54
1999	97,652 Km ²	13,74
2000	97,730 Km ²	13,75
2001	96,631 Km ²	13,60
2002	97,808 Km ²	13,76
2003	98,608 Km ²	13,88
2004	97,853 Km ²	13,77
2005	96,679 Km ²	13,61
2006	95,793 Km ²	13,48
2007	96,389 Km ²	13,57
2008	96,457 Km ²	13,58
2009	97,197 Km ²	13,68
2010	98,033 Km ²	13,80

2011	97,498 Km ²	13,73
2012	98,447 Km ²	13,87
2013	98,086 Km ²	13,83
2014	97,834 Km ²	13,80
2015	97,903 Km ²	13,81
2016	98,446 Km ²	13,8
2017	98,900 Km ²	13,95
2018	99,883 Km ²	14,08
2019	99,362 Km ²	14,01
2020	100,708 Km ²	14,20
2021	99,361 Km ²	14,01
2022	99,829 Km ²	14,08

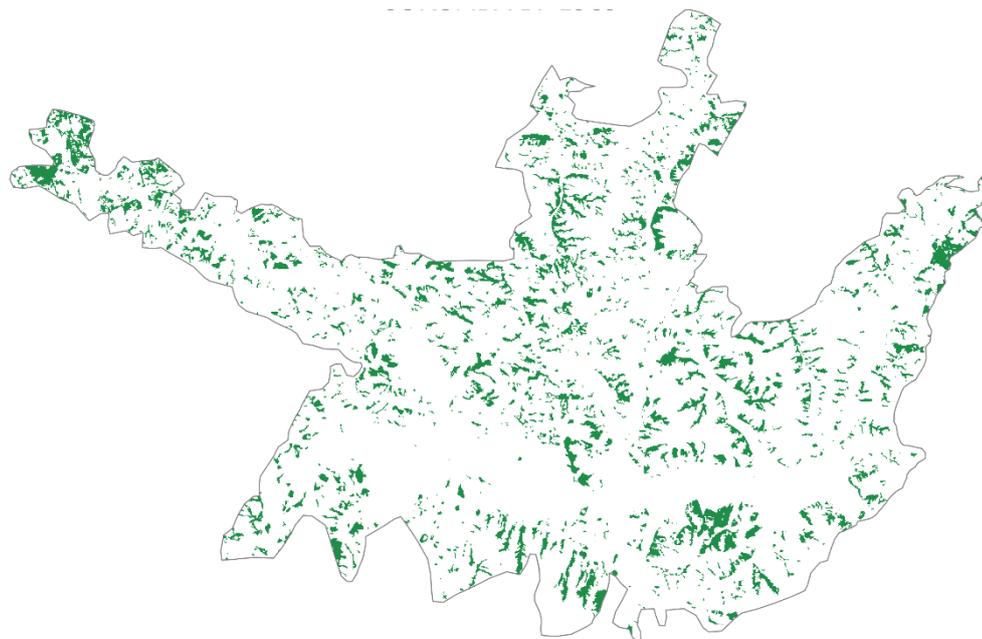
Na AID do Lago Corumbá IV, em 1985, início da série histórica, a área total de florestas correspondia a 77,662 Km² (Figura 15), com acréscimo expressivo no ano de 1989 (Figura 16), que apresentou uma área de 102,206 Km², a partir deste ano foram detectados números estáveis deste tipo de classe de cobertura do solo. Em 2000, início das obras do empreendimento, a área florestal correspondia a 97,730 Km², valores que apresentaram pouca alteração em 2006, com 95,793 Km², chegando a 99,829 Km² em 2022 (Figura 17), o equivalente a 14,08% da área total da AID do Reservatório.

Figura 17. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá IV em 1985.



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 18. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá IV em 1989.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme descrito por Santos, Miranda e Silva Neto (2020), as fitofisionomias das formações florestais do Cerrado abarcam uma variedade de ecossistemas, cada qual dotado de atributos distintivos e adaptações específicas às condições climáticas sazonais e topográficas peculiares da região. As matas secas, localizadas em áreas de solos férteis e submetidas a climas sazonais, caracterizam-se pela presença de árvores caducifólias, as quais exibem a fenologia de perda de folhas durante os períodos de estiagem.

O cerradão, por sua vez, revela-se como uma formação florestal de porte elevado, marcada pela formação de dossel arbóreo contínuo. As matas ciliares, distribuídas ao longo dos cursos d'água e nas nascentes, desempenham um papel essencial na proteção dos recursos hídricos regionais. Por fim, as matas de galeria, são caracterizadas por corredores vegetais densos ao longo dos cursos de água, e se destacam pela significativa diversidade arbórea, abrigando aproximadamente um terço da riqueza florística do Cerrado (SANTOS; MIRANDA; NETO, 2020).

A análise das informações coletadas, permitem identificar, que na década de 1980, mais especificamente entre os anos de 1985 a 1989 houve um acréscimo de 14% na área florestal da região, atualmente representada pela AID do Lago Corumbá IV. Este crescimento, pode ser explicado, pelos avanços ambientais ocorridos na década de 1980, como a promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente, lei nº 6.938, Brasil (1981), que cita o meio ambiente como patrimônio público de uso coletivo, que precisa ser assegurado e protegido.

No ano de 1986, foram publicadas medidas provisórias, através da lei nº 7.511, Brasil (1986a), que alteraram o Código Florestal Vigente, expandindo a distância das Áreas de Proteção Ambiental (APA) de 5 para 30 metros em rios de pequeno porte (10 metros de largura), de 50 para 100 metros em rios de médio porte (50 metros de largura) e 150 metros em rios de grande porte (entre 100 e 200 metros de largura). Também foram publicadas novas regras para a reserva legal, proibindo a exploração em locais com florestas nativas, além de permitir a reposição de áreas desmatadas por espécies exóticas como o eucalipto e o pinheiro.

Outro marco importante, foi a publicação da Constituição Federal, Brasil (1988), considerado um dos maiores marcos da Política Ambiental Nacional, Stevanato, Colavite, Parolin (2022), que tornou, através do artigo 225, o Meio Ambiente sadio, um direito fundamental, e um recurso tutelado pelo ordenamento judicial brasileiro. No ano de 1989, com a promulgação da lei n.º 7.803, Brasil (1989), os esforços da CF e das medidas protetivas anteriores, foram reforçados, com a indicação para a recuperação de áreas desmatadas com espécies nativas, proibindo atividades de desmatamento em áreas de reserva legal, contemplando pela primeira vez as florestas do bioma cerrado.

Dentro do contexto apresentado, os achados da análise de áreas florestais estão de acordo com o processo histórico e jurídico apresentado, permitindo inferir que os avanços na legislação foram fundamentais para o aumento das áreas florestais na região analisada. Também é possível discutir que a manutenção da área florestal, em números semelhantes a partir da década de 1990, são uma demonstração da efetividade dos mecanismos legais de proteção as florestas, na AID do Lago Corumbá IV.

Outro fator possivelmente contributivo, para a estabilidade dos dados de área florestais na AID do Lago, é representado pela presença de Áreas de Preservação Permanente, estabelecidas e regulamentadas pelo Novo Código Florestal Brasileiro, lei nº 12.651, Brasil (2012), Artigo 3º:

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012, art. 3º).

O estabelecimento do reservatório em 2006, resultou na formação de uma nova APP, a partir das margens do lago, uma faixa com extensão de 100 metros e 9 mil hectares (FREITAS, 2014). O Código Florestal Brasileiro estabelece, como APP, em seu Artigo 4º, inciso III “as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento” que compreende a vegetação das margens do reservatório, composta pelo bioma cerrado, incluindo suas fitofisionomias florestais, e por ser uma APP, é perante a lei, intocável, possui limites rígidos para exploração e não podem ser utilizadas para beneficiamento econômico (FREITAS, 2014).

Figura 19. Formação Florestal na AID do Reservatório Corumbá em 2022.



Fonte: Elaborado pela Autora

Os elementos da tabela 02, permitem verificar que houve um aumento 0,95% nas áreas florestais na AID do Reservatório, entre os anos de 2006 e 2022, e podem representar a implementação de florestas plantadas na região. No trabalho de Silva (2020), realizado na área do reservatório e suas margens, foi constatado que entre 2007 e 2017, houve um acréscimo de florestas plantadas no período de aproximadamente 150 hectares. Estas informações se alinham com os achados na análise por satélite, demonstrando que não houve grandes conversões de área florestais para outras classes de cobertura e uso, no período posterior a implementação do lago Corumbá IV.

4.2. Formação Savânica

A formação savânica, como descrita na revisão teórica, engloba as principais formações do bioma, como: o Cerrado *stricto sensu*, o Parque de Cerrado, e a Vereda. O Cerrado *stricto sensu*, conforme definido por Santos, Miranda e Silva Neto (2020), é a formação típica do bioma, caracterizada pela presença de gramíneas, arbustos e

árvores de porte médio, com troncos retorcidos, cascas e folhas espessas, com altura variando de 3 a 7 metros.

Tabela 3. Panorama da evolução da classe Formação Savânica na área do reservatório Corumbá IV

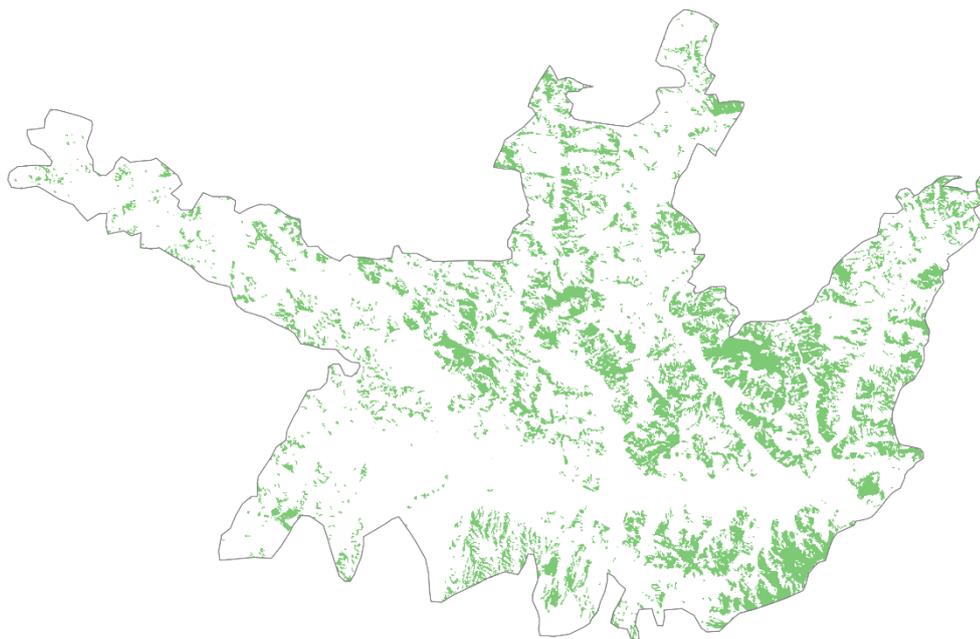
Ano	Área correspondente a formações Savânicas	Porcentagem (%)
1985	178,032 Km ²	25,06
1986	184,384 Km ²	25,95
1987	191,114 Km ²	26,90
1988	189,245 Km ²	26,64
1989	188,658 Km ²	26,55
1990	188,054 Km ²	26,62
1991	184,328 Km ²	26,19
1992	176,113 Km ²	25,04
1993	170,363 Km ²	23,98
1994	163,447 Km ²	23,00
1995	160,010 Km ²	22,52
1996	156,959 Km ²	22,09
1997	153,543 Km ²	21,61
1998	149,955 Km ²	21,10
1999	148,048 Km ²	20,84
2000	146,059 Km ²	20,56
2001	144,073 Km ²	20,28
2002	142,892 Km ²	20,11
2003	140,979 Km ²	19,84
2004	137,321 Km ²	19,33
2005	135,113 Km ²	19,02
2006	134,752 Km ²	18,97
2007	134,343 Km ²	18,91
2008	134,175 Km ²	18,89
2009	137,475 Km ²	19,35
2010	138,848 Km ²	19,55
2011	139,523 Km ²	19,65
2012	141,089 Km ²	19,88
2013	140,855 Km ²	19,86
2014	141,245 Km ²	19,93
2015	142,081 Km ²	20,04
2016	143,201 Km ²	20,20
2017	143,755 Km ²	20,27
2018	143,904 Km ²	20,29
2019	142,320 Km ²	20,07
2020	140,956 Km ²	19,88
2021	138,895 Km ²	19,59
2022	135,309 Km ²	19,08

Fonte: Elaborado pela autora

Os autores diferenciam o Parque de Cerrado, que possui características similares ao Cerrado *stricto sensu*, pela presença de relevo em forma de pequenas elevações convexas conhecidas como "murundus" ou "mochões", frequentemente associadas a cupinzeiros. As veredas, representam outra fitofisionomia savânica, que possui solos úmidos, onde predomina uma vegetação composta por ervas e subarbustos, além da presença marcante da palmeira buriti, distribuídas ao longo de estreitos cursos d'água (SANTOS; MIRANDA, SILVA NETO, 2020).

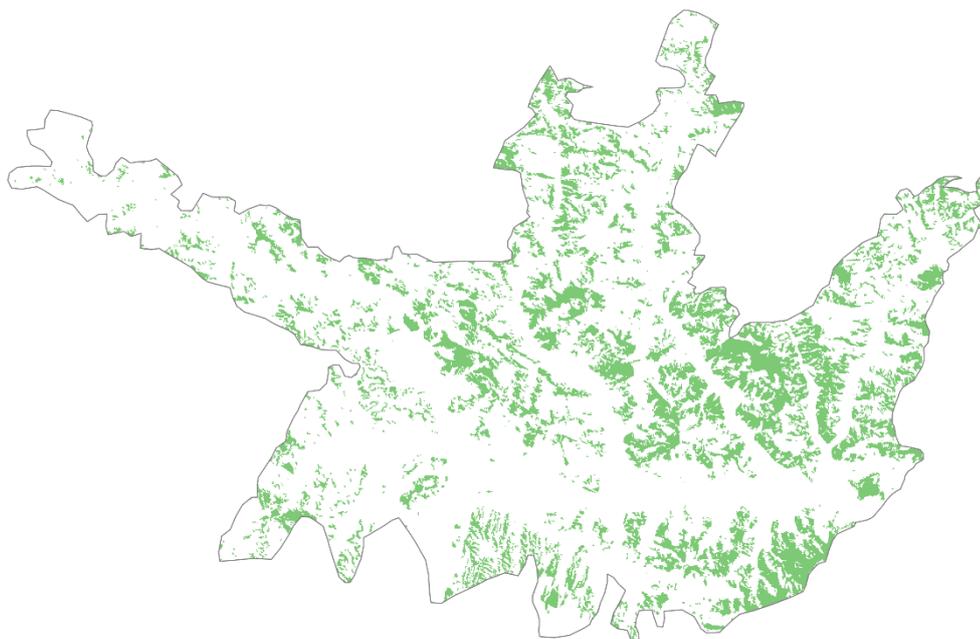
Na análise da Área de Influência Direta (AID) do Lago Corumbá IV (Figuras 20, 21, 22 e 23), observa-se que esta classe de cobertura do solo é predominantemente representativa. Na tabela é demonstrado que, em 1985, a área total de savana era de 178,032 Km², e representava 25% da área de analisada, chegando a 191,114 Km² em 1987, ocupando 26,9% da área. A partir de 1987, formação vegetal estudada, sofreu perdas progressivas, até o ano de 2008, onde a área de savana correspondia a 134,175 Km², o equivalente a 18,89% da AID do reservatório. A diminuição na área de savana entre 1987 e 2008 foi de 56,938 Km² o que representa um decréscimo de 29,7% nas formações savânicas neste período.

Figura 20. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá IV em 1985



Fontes: Elaborado pela autora

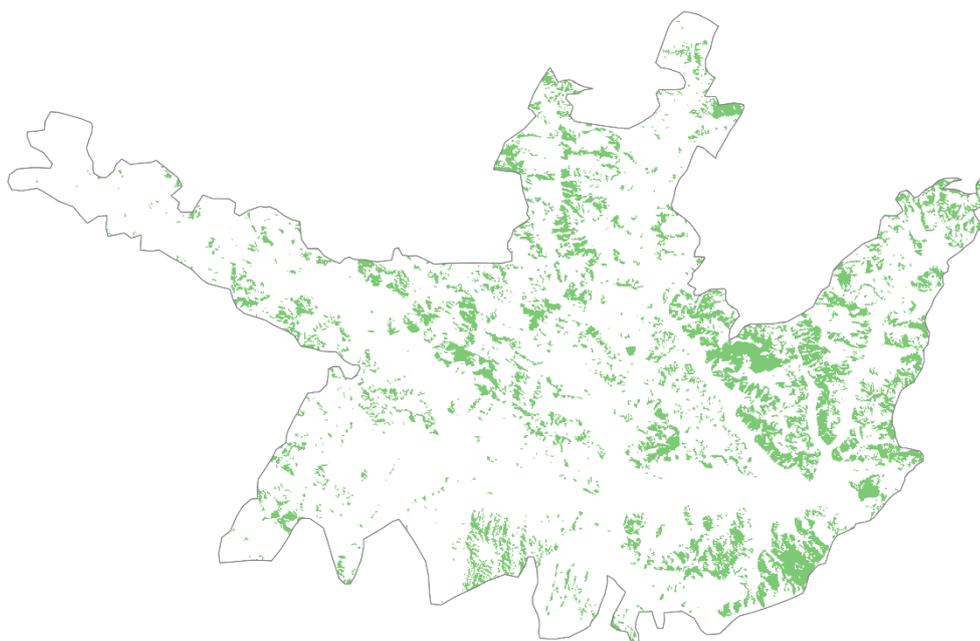
Figura 21. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 1987



Fonte: Elaborado pela autora

A partir de 2009, as informações apontam para recuperação das áreas dessa classe, que no ano de referência apresentou 137,475 Km² de área, aumentando progressivamente até o ano de 2018, quando foi detectado um quantitativo de 143,904 Km² de cobertura por savanas, um aumento percentual de 4,46%. O conteúdo da tabela 03, indica que em 2019, as áreas com formação savânica, voltaram a reduzir a partir deste ano, atingindo um total de 135,309 Km² em 2022, o que representa 5,97% de regressão na área total da classe estudada.

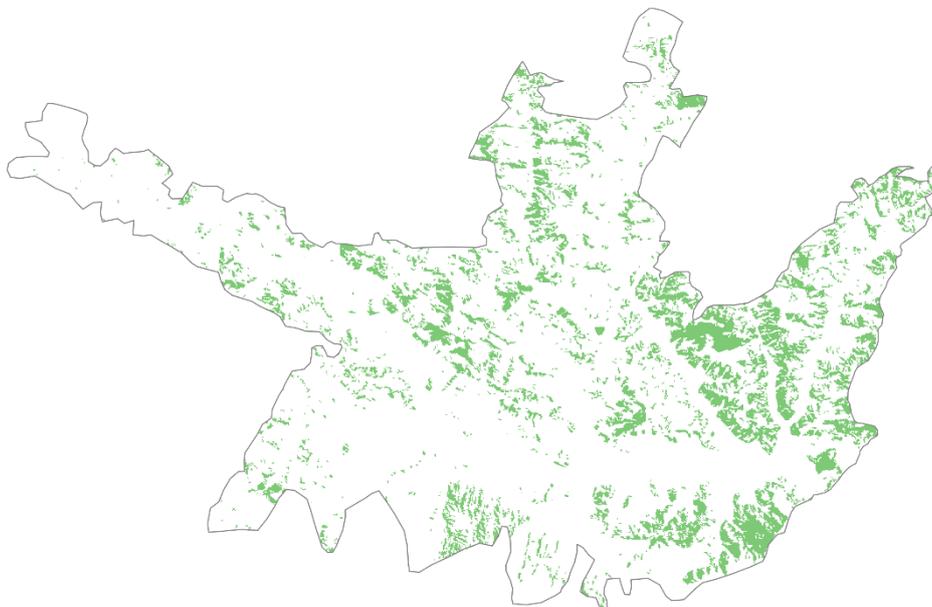
Figura 22. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 2018



Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados observados, apontam para uma progressão da área de savana entre 1985 e 1987, que pode ter sido influenciada por alguns fatores, como a mudança de ciclos entre queimadas e secas para períodos de regeneração. Como destaca Barbosa (2015), o bioma Cerrado é adaptado para resistir as queimadas, que constituem um processo ecológico natural e evolutivo, há espécies vegetais dentro do bioma, com sementes que brotam apenas mediante o choque térmico provocado pelo fogo. Portanto, é comum após períodos de seca e queimadas, a recuperação do bioma de forma rápida.

Figura 23. Formação Savânica na AID do Lago Corumbá em 2022



Fonte: Elaborado pela autora

Esta argumentação se sustenta mediante os achados de Marcuzzo, Faria e Pinto Filho (2012), que durante uma análise da pluviosidade do Cerrado Goiano, constatou que no ano de 1984, a região sofreu uma escassez de chuvas, com precipitação anual, entre 1000 e 1250 mm, abaixo da média anual de 1500 mm. Neste ano, a precipitação em janeiro (época de chuvas), foi de apenas 125,67 mm, que comparado com o ano seguinte, 1985, atingiu 450 mm no mesmo período, demonstrando que houve uma estação de intensas chuvas após a estiagem.

Outro fator importante para a presença representativa da formação savânica na região na década de 1980, pode ser discutida a partir das constatações de Matos (2011), que estudou a modernização e crescimento do agronegócio em Goiás, com foco no sudeste do estado e cidades do entorno do Distrito Federal. Como argumenta a autora, até a década de 1970 as áreas de cerrado, também conhecidas como “chapadas” eram consideradas impróprias para a agricultura, devido ao relevo e o solo ácido e pouco fértil, sendo exploradas apenas a nível de extrativismo e criação de gado.

A pesquisa de Moura (2016), realizada na região do Lago Corumbá IV, revela que a década de 1980 foi um período de mudança significativa na paisagem e no uso da terra na região estudada. Durante esse período, houve um aumento na área ocupada pela agropecuária, indicando um crescente desenvolvimento das atividades agrícolas e pecuárias. Essa expansão parece ter sido acompanhada por uma redução na área de cerrado, como constatado na análise, se intensificando na região a partir de 1988, sugerindo uma conversão de áreas anteriormente cobertas por vegetação natural para fins agrícolas.

Para Moura (2016) essas mudanças foram impulsionadas por uma variedade de fatores, como políticas de desenvolvimento agrícola e avanços tecnológicos na agricultura. Assim, a década de 1980 marcou o início de uma tendência de transformação na paisagem, com consequências significativas para o meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos naturais da região ao longo do tempo. Na revisão teórica, foi exposto que a região dos cerrados recebeu amplo investimento em tecnologia agrícola, e que o cerrado é um dos biomas que mais perderam área natural nativa nas últimas décadas, fatos que colaboram com os achados da pesquisa.

Foi observada uma recuperação na savana, entre 2010 e 2018, que podem ser explicados através de avanços no monitoramento, migração das áreas de interesse para cultivo e proteção do bioma. Em relação ao monitoramento, Oliveira et al., (2020) até a década de 2010, as iniciativas de monitoramento dos biomas e do desmatamento no Brasil eram mais abrangentes, focando principalmente em biomas de grande destaque, como a Amazônia, enquanto o Cerrado ainda apresentava conteúdos limitados de monitoramento. Os autores destacam o projeto estatal pioneiro, Radam Brasil, iniciado em 1975, como o primeiro a fornecer registros

essenciais, sobre a vegetação e os recursos naturais do país, por meio do sensoriamento remoto.

Posteriormente, após a descontinuação do Radam, foi lançado o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), iniciado em 1988, focado no monitoramento para a região amazônica, e apresentando resultados, mesmo que limitados, em relação à cobertura do Cerrado. A partir da década de 2000, projetos como o PROBIO, lançado em 2004, e o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), iniciado em 2008, trouxeram avanços significativos, utilizando imagens de satélite em escala regional para mapear e monitorar o desmatamento em diferentes biomas, incluindo o Cerrado (OLIVEIRA et al., 2020).

Como Argumentam Oliveira et al., (2020), foi na década de 2010, que surgiram projetos de monitoramento específico para o Cerrado, como o MapBiomas, iniciado em 2015, que utiliza a plataforma Google Earth Engine para gerar dados de uso e cobertura da terra, para o bioma, com uma série histórica que abrange os anos de 1986 a 2022, utilizados como material para a presente pesquisa. Outra iniciativa relevante foi o Projeto de Monitoramento do Desmatamento do Cerrado, o PRODES Cerrado, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 2016. Esse projeto realizou o mapeamento do desmatamento ao longo de todo o bioma Cerrado, de 2000 a 2018.

O período de recuperação da savana, coincide com os achados bibliográficos sobre as estratégias de governança para a recuperação do Bioma Cerrado, destacadas por Mendonça e Bornia (2022), que indicam os compromissos formados pelo Brasil na 15ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, realizada em 2009, na capital da Dinamarca, Copenhague, onde se comprometeu a adotar iniciativas de proteção ambiental, sustentabilidade e redução de emissão de gases de efeito estufa. No ano da conferência, foi promulgada a lei nº 12.187, Brasil (2009), que instituiu o plano Nacional Sobre Mudança do Clima (PNMC), que entre as ações previstas se encontrava o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado).

Segundo informações do Governo Federal, Brasil (2024), o PPCerrado começou em 2010 e terminou em 2019, quando foi revogado pelo governo de Jair

Bolsonaro (2020-2023). Dentre os principais resultados citados pelo governo, estão o treinamento de mais de 13 mil produtores em práticas agrícolas sustentáveis, a capacitação de mais de 2 mil famílias em manejo florestal, a implementação do Cadastro Ambiental Rural, a elaboração da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo e implementação do manejo do fogo em áreas federais. Além disso, houve monitoramento do desmatamento no Cerrado pelo Prodes Cerrado/Deter Cerrado, a avaliação do uso e cobertura da terra pelo Programa TerraClass, onde mais de 20 mil áreas foram embargadas, e condução de ações de conservação da biodiversidade em áreas privadas.

As análises da AID do Reservatório revelam que, a partir de 2019 ocorreu uma acentuada diminuição das áreas de savana, caindo percentualmente para níveis inferiores aos de 2009, ano que encerrou a série histórica de diminuição da cobertura por formações da classe estudada, iniciada em 1988. Os achados permitem argumentar que, as iniciativas estatais de recuperação do cerrado contribuíram para estabilizar e aumentar a área de savana na região, no período de 2009 a 2018, porém a partir de 2019, fatores como a redução dos esforços governamentais em proteger o bioma, podem ter sido fundamentais para intensificar o desmatamento da savana.

Outro fator contributivo para a estabilização do desmatamento da savana, na região analisada, pode estar fundamentada na expansão da fronteira agrícola para o norte do país, como indica a pesquisa de Souza, Martins e Druciaki (2020), que expõe o atual cenário do desmatamento no cerrado, onde o avanço de lavoura e pastagens ocorre majoritariamente no estados de Tocantins, Piauí, Maranhão e Bahia, na nova fronteira agrícola do cerrado, conhecida como MATOPIBA, principalmente sobre as formações savânicas, que foi reduzida, a nível de bioma, de 73 milhões de hectares em 1985, para 54,4 milhões de hectares em 2018, uma taxa percentual equivalente a 25,5% em 33 anos.

A pesquisa de Oliveira, Raposo e Garcia (2024) comprova que houve uma diminuição na taxa de antropização do cerrado em Goiás, em relação aos estados do MATOPIBA, em uma análise da série histórica de cobertura e uso do solo no bioma cerrado, entre 1985 e 2020, o estado de Goiás teve um aumento percentual de 22,38% na ação antrópica, taxa considerada baixa em relação a estados como o maranhão com um aumento de 150,08%, ou a Bahia, que apresentou um aumento de 405,62%.

Estes números comprovam os resultados da pesquisa, que indicam a perda de áreas de savana, e até a recuperação durante alguns anos na região, demonstrando que a fronteira agrícola na região se consolidou nas décadas de 1990 e 2000, migrando, na década de 2010, para outras regiões de cerrado, de forma mais expressiva.

Nos últimos anos na análise, foi detectado um novo aumento na perda de savana. Neste contexto, os autores Costa, Costa e Gomes (2023), destacam que durante o período pandêmico, ocorreu uma intensificação do desmatamento no Brasil, principalmente no Cerrado e na Amazônia. De acordo com dados do Relatório Anual de Desmatamento (RAD), do MapBiomas (2023b), entre 2019 e 2022, o cerrado perdeu 659.670 hectares de área nativa, o equivalente a seis vezes a área da cidade de São Paulo, indicando que houve uma intensificação a nível nacional, na degradação e desmatamento do bioma, como indicam os resultados analisados.

4.3. Formação Campestre

O último grupo de fitofisionomias do Cerrado, abordados na revisão de literatura deste estudo, compreende os campos deste bioma. Como conceituado por Santos, Miranda e Silva Neto (2020), as fitofisionomias campestres do cerrado são: os campos limpos, formações campestres dominadas por gramíneas, sem a presença de arbustos ou árvores, variando entre úmidos, encontrados em áreas de nascentes, e secos, localizados em áreas com lençol freático profundo; os campos sujos, onde predominam gramíneas, mas apresentam arbustos e pequenas árvores esparsas, com uma cobertura arbórea abaixo de 10%; os campos rupestres, encontrados em montanhas acima de 900 metros de altitude, caracterizados por uma vegetação diversificada, incluindo espécies herbáceas, arbustivas e raramente árvores maiores.

Tabela 4. Panorama da evolução da classe Formação Campestre na área do reservatório Corumbá IV

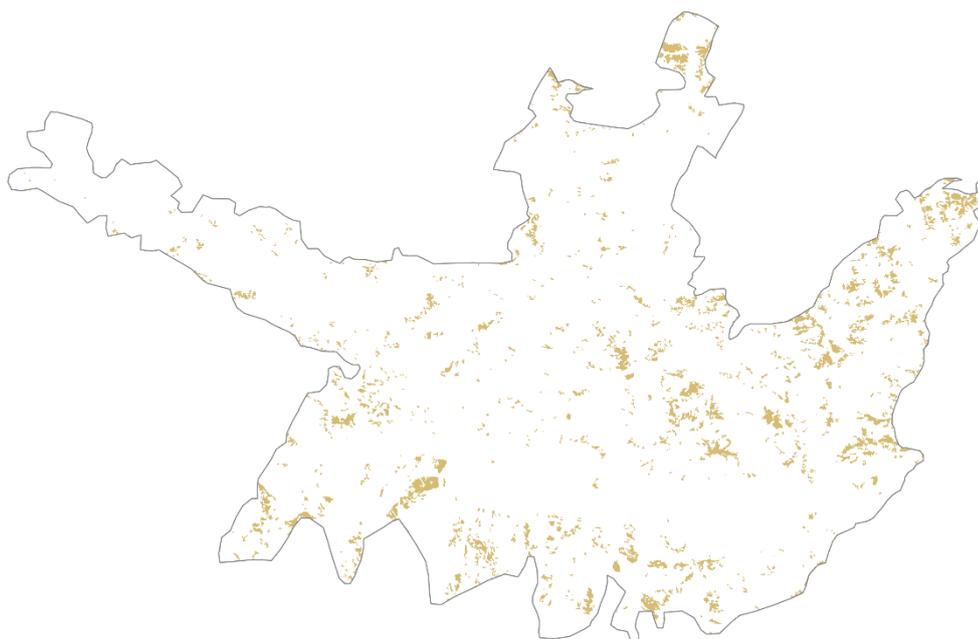
Ano	Área correspondente a formações Campestres	Porcentagem (%)
1985	49,092 Km ²	6,91
1986	36,092 Km ²	5,08
1987	33,060 Km ²	4,65
1988	32,391 Km ²	4,55
1989	31,761 Km ²	4,47
1990	32,958 Km ²	4,66
1991	32,999 Km ²	4,68
1992	33,576 Km ²	4,77
1993	33,351 Km ²	4,69
1994	33,095 Km ²	4,65
1995	33,042 Km ²	4,65
1996	32,377 Km ²	4,55
1997	31,746 Km ²	4,46
1998	30,227 Km ²	4,25
1999	30,634 Km ²	4,31
2000	30,481 Km ²	4,29
2001	29,522 Km ²	4,15
2002	28,285 Km ²	3,98
2003	27,110 Km ²	3,81
2004	26,443 Km ²	3,72
2005	26,955 Km ²	3,79
2006	27,502 Km ²	3,87
2007	27,643 Km ²	3,89
2008	28,421 Km ²	4,00
2009	29,083 Km ²	4,09
2010	29,956 Km ²	4,21
2011	30,021 Km ²	4,22
2012	29,834 Km ²	4,20
2013	31,190 Km ²	4,39
2014	31,545 Km ²	4,45
2015	32,455 Km ²	4,57
2016	33,145 Km ²	4,67
2017	31,452 Km ²	4,43
2018	31,119 Km ²	4,38
2019	30,601 Km ²	4,31
2020	30,550 Km ²	4,30
2021	30,481 Km ²	4,30
2022	33,229 Km ²	4,68

Fonte: Elaborado pela autora

Na tabela 04, é possível verificar que as formações campestres cobriam em 1985, 49,092 Km² de área, o equivalente a 6,9% do território de análise, sofrendo uma grande perda de área no ano seguinte, 1986, onde a área total diminuiu para 36,092

Km², um decréscimo percentual de 26,4%. Os dados permitem verificar que entre o período de 1986 até 2004, que a área diminuiu para 26,443 Km², indicando uma redução progressiva, na cobertura por campos naturais. A partir de 2005, até o ano de 2022, foi detectado uma recuperação das formações campestres, no último ano da análise a área detectada para esta classe foi de 33,229 Km², um aumento percentual de 20,4% em relação ao ano de 2004.

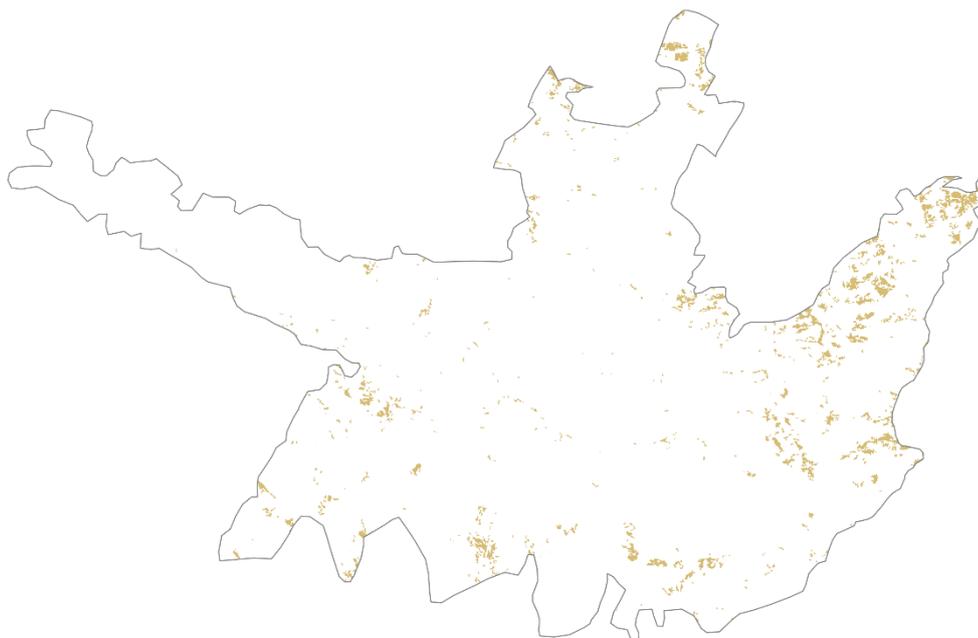
Figura 24. Formações Campestres na AID do reservatório Corumbá IV em 1985



Fonte: Elaborada pela autora.

A área de campo natural em 1985, atingiu a maior cobertura da série histórica, e pode estar associada a uma ampla recuperação desta vegetação, após o período de secas em 1984, já discutido anteriormente. Como descrito na pesquisa de Costa e Rodrigues (2015), cada fitofisionomia se comporta de forma distinta a períodos de seca e queimadas, e possuem graus diferentes de recuperação após alta pluviosidade. Em análise comparativa entre as formações campestres e o parque de cerrado (formação savânica), foi constatado que os campos apresentam altas taxas de recuperação, próximas a 98%, mesmo após período de intensa seca e muitas queimadas, o que não ocorre de forma tão efetiva em formações savânicas, que recuperaram apenas 20% da sua formação vegetal no experimento realizado.

Figura 25. Formações Campestres na AID do Reservatório Corumbá IV em 2004

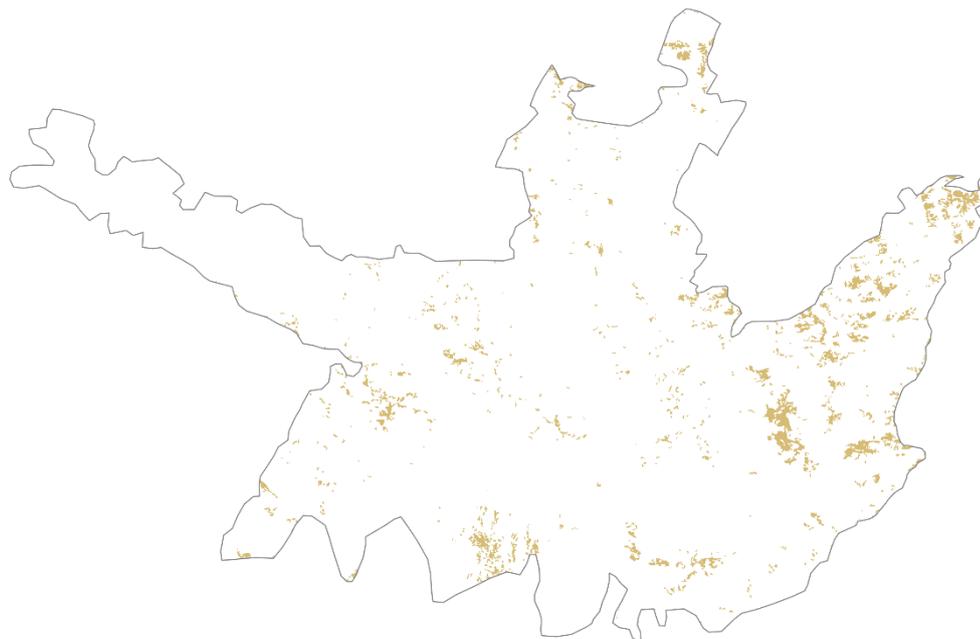


Fonte: Elaborado pela autora

A partir de 1986, percebeu-se uma redução progressiva na cobertura de formações campestres até o ano de 2004. A expansão da fronteira agrícola, na região, previamente discutida no referencial teórico, é um dos fatores que melhor explicam esses resultados, a partir da década de 1980, a modernização da agricultura, resultou na conversão de áreas de cerrado. Segundo Costa (2014), as formações campestres são uma das fitofisionomias mais degradadas do bioma, e devido à sua semelhança com as pastagens cultivadas, monitorar a degradação dessas áreas apresenta desafios consideráveis. Essa semelhança torna difícil distinguir, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, entre áreas naturais e áreas convertidas para pastagem. Assim, pode-se inferir que a pressão agrícola, aliada às dificuldades de monitoramento, contribuiu significativamente para a redução das áreas de formação campestre no cerrado durante o período mencionado.

Analisando a tabela 04, foi detectado uma recuperação nas áreas campestres, a partir de 2005, ano em que se iniciou o alagamento da área do reservatório. Este aumento continuou até o ano de 2022, último da análise da série histórica. É possível argumentar que, a presença do reservatório influenciou positivamente, na manutenção e crescimento da formação campestre na AID do lago.

Figura 26. Formações Campestres na AID do Reservatório Corumbá IV em 2022



Fonte: Elaborado pela autora

No que tange a AID do reservatório, Silva e Paula (2022), investigaram a bacia de contribuição do lago e a AID, destacando no estudo, um aumento na área vegetativa na região, de 2004, onde compreendia 1.750,52 Km² para 2020, onde apresentou 2.237,20 Km² de área, um aumento de 27,71% para 35,48%. Os resultados apontam para uma estabilização das classes de vegetação nativa, na AID do reservatório, que podem ser resultantes de fatores como a intensificação das ações ambientais da Corumbá Concessões, e a migração da fronteira agrícola para outras regiões, o que permite identificar uma diminuição das taxas de redução das áreas de cerrado.

4.4. Pastagem

Como descrevem Carvalho et al., (2017) as pastagens são áreas cobertas por plantas forrageiras, utilizadas para a alimentação de ruminantes, e representam uma forma econômica de nutrição para esses rebanhos. Quando manejadas adequadamente, respeitando as características das plantas, clima e solo, podem ser produtivas por longos períodos. No Cerrado, a conversão de áreas nativas para pasto

é comum, mas muitas pastagens estão degradadas devido a práticas inadequadas e fatores econômicos. A degradação se manifesta pela redução da produção de forragem, invasão de espécies menos produtivas e processos erosivos, com mais de 50% das pastagens cultivadas nessa região apresentando algum grau de degradação. Isso destaca a necessidade de práticas de manejo sustentável para recuperar e manter a produtividade dessas áreas.

Tabela 5. Panorama da evolução da classe Pastagens na área do reservatório Corumbá IV

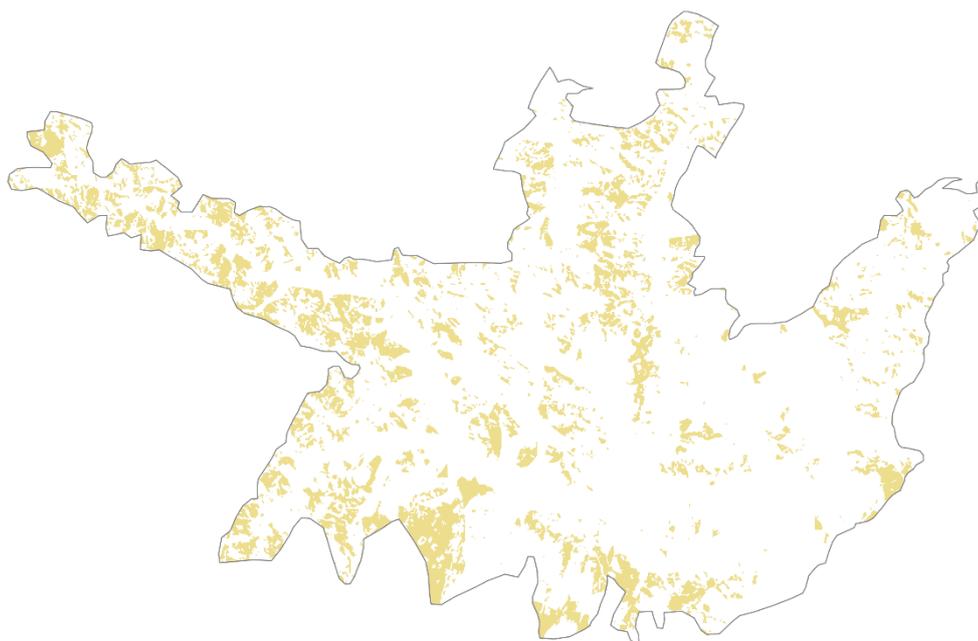
Ano	Área de Pastagens na AID do Lago Corumbá	Porcentagem (%)
1985	151,595	21,34
1986	153,055	21,54
1987	144,959	20,40
1988	137,875	19,40
1989	137,463	19,35
1990	143,294	20,28
1991	154,096	21,90
1992	169,370	24,09
1993	183,423	25,82
1994	190,286	26,78
1995	196,710	27,69
1996	203,933	28,70
1997	216,298	30,44
1998	230,026	32,38
1999	245,331	34,53
2000	252,584	35,55
2001	257,895	36,30
2002	254,080	35,76
2003	251,142	35,35
2004	248,765	35,02
2005	246,748	34,73
2006	244,338	34,39
2007	246,581	34,71
2008	245,697	34,59
2009	232,958	32,80
2010	225,169	31,71
2011	214,747	30,25
2012	209,926	29,59
2013	207,989	29,33
2014	211,306	29,81
2015	210,682	29,72
2016	206,574	29,14
2017	203,393	28,69
2018	201,502	28,41

2019	200,880	28,33
2020	199,868	28,19
2021	197,144	27,81
2022	192,184	27,11

Fonte: Elaborado pela autora

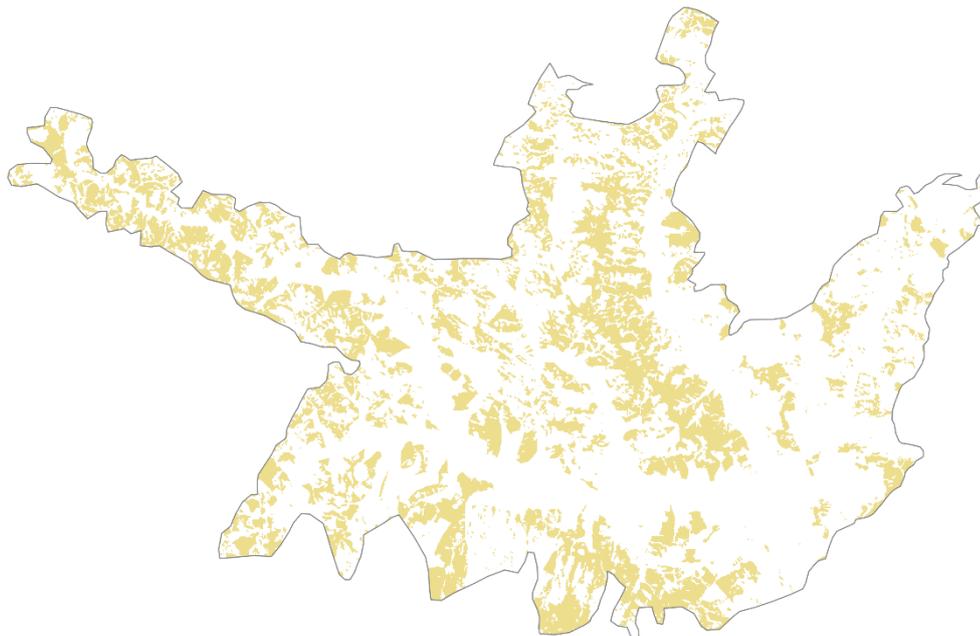
Na tabela 06, é possível verificar que a pastagem é um uso de terra representativo na região AID estudada, entre 1985 a 2000 esta classe teve um crescimento de 100,989 Km² de área, um aumento percentual de 39,98%. A classe de pastagem apresentou uma pequena redução durante os anos de implementação do reservatório, chegando em 2006 a uma extensão de 244,338 Km², um decréscimo de 3,26 %. Nos anos subsequentes a formação do lago, houve uma considerável diminuição na área de pastagens, chegando em 2022 a 192,184 Km². Na área da APA e do espelho d'água, os resultados apontam que a partir de 2006, quando a área de pastagens correspondia a 15,040 Km², houve uma intensa diminuição deste tipo de classe de uso da terra, chegando a 6,037 Km² em 2022, uma redução de 59,86%.

Figura 27. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá em 1985.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 28. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá em 2000.



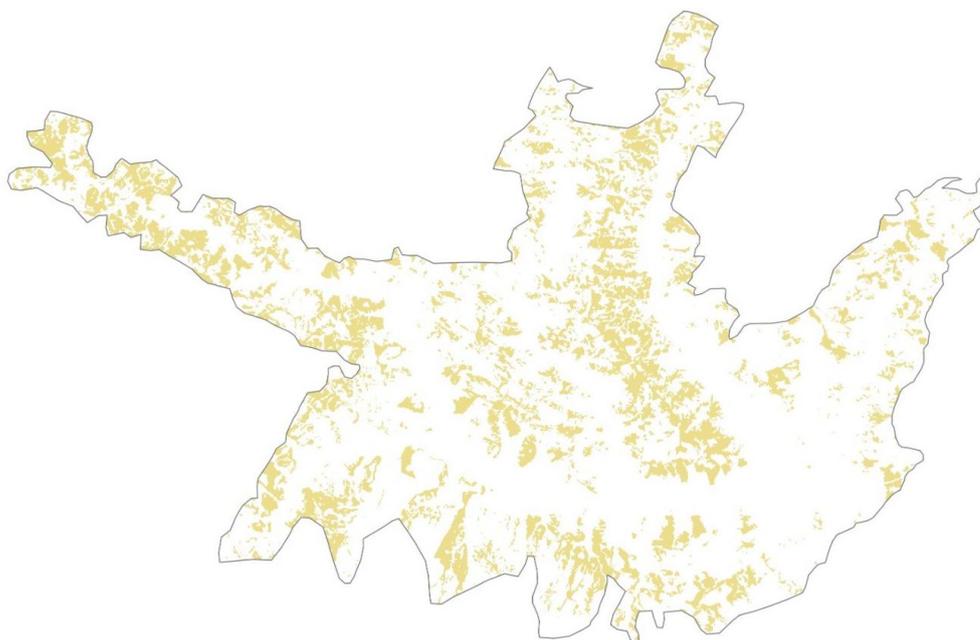
Fonte: Elaborado pela autora.

As análises permitem verificar que nas décadas de 1980 e 1990, a presença de pastagens na região era predominante correspondendo a mais de 20% da atual área AID. Como apresentam Bolfe, Sano e Campos (2020), durante as décadas de 1970 e 1980, houve um amplo investimento em pecuária no cerrado, motivado pela instabilidade financeira do país, que neste período contaram com planos econômicos estatais malsucedidos. Os autores argumentam que a fuga dos investidores do mercado financeiro, levou a uma aplicação financeira em ativos físicos, como a pecuária extensiva, levando a uma formação crescimento das pastagens, visando abrigar os novos rebanhos.

Os autores relatam que entre 1975 e 1996, a área de pastagem plantada na região do Cerrado aumentou em 31 milhões de hectares, representando uma significativa conversão de áreas nativas para esta classe, superando a expansão agrícola neste período. Os dados apresentados coincidem com os achados da pesquisa, que verificou um aumento expressivo das áreas de pastagem na década de 1990 e uma estabilização na década seguinte. A estabilização da expansão de pastagens e a diminuição da atividade de pecuária foram influenciadas por mudanças

no contexto econômico e agrícola a partir do final dos anos 1990, incluindo a adoção do regime de câmbio flutuante, baixas taxas de inflação, preços elevados de commodities agrícolas, a queda do preço real da arroba do boi gordo e o aumento dos custos de produção pecuária (BOLFE; SANO; CAMPOS, 2020).

Figura 29. Classe de Pastagem na AID do Lago Corumbá IV, em 2022.



Fonte: Elaborado pela autora

O conteúdo da tabela 05, apresenta um cenário de redução progressiva da área de pastagem, a partir de 2006 na AID do reservatório, demonstrando que houve uma diminuição das áreas dedicadas a pecuária extensiva na região de estudo. Estas constatações estão de acordo com o panorama apresentado por Bolfe, Sano e Campos (2020), que relatam uma mudança na expansão da pecuária bovina no cerrado, os autores afirmam que entre 2005 e 2015, houve um deslocamento desta atividade, para o norte do país, e juntamente a este fator ocorreu uma conversão de pastagens para monoculturas, como a soja, o milho e a cana-de-açúcar, diminuindo o crescimento da pecuária na região do bioma.

Como demonstra o estudo de Nascimento, Batista Filho e Dias (2016), a região do entorno de Brasília, é historicamente uma das mais expressivas em relação ao rebanho bovino, apresentando entre os anos de 2004 e 2014, atingindo no fim da

análise histórica referida, aproximadamente 1 milhão e cem mil animais, a sexta maior número de cabeças de gado do estado de Goiás na época. Estes índices previamente apresentados, permitem argumentar que, apesar da redução das áreas de pastagem ter sido constatada, não houve uma expressiva redução do rebanho.

Fatores associados à implementação de tecnologias na criação de gado têm otimizado as áreas de pastagem, permitindo a criação extensiva em áreas menores. Conforme indicam Meyer e Rodrigues (2014), o panorama da pecuária extensiva no Brasil vem se modificando devido a pressões ambientais e mercadológicas, levando os produtores a buscarem novas tecnologias de manejo. O foco tem sido tornar o uso da pastagem mais eficiente, diminuindo o desmatamento e otimizando as áreas já abertas para essa finalidade.

Os achados da pesquisa, apontam para uma redução considerável da área de pastagem na região do Lago Corumbá IV. Este fator pode estar associado as iniciativas da Corumbá Concessões, do IBAMA e do Ministério Público estadual, em frear os usos antrópicos na região das margens do lago. De acordo com o Ministério Público, Goiás (2012), foi elaborado um plano ambiental, visando intensificar a atuação integrada dos Ministérios Públicos Estadual e Federal para combater a ocupação ilegal e promover a revegetação da Área de Preservação Permanente (APP) ao redor do reservatório da Usina de Corumbá IV.

Em reunião realizada no MP-GO, com a participação de promotores, peritos do MP-GO, membros do MPF e representantes do Ibama, foram definidas três vertentes de ação: civil (ambiental), criminal e administrativa. Foram reforçadas as ações criminais contra ocupantes ilegais, exigindo planos de recuperação ambiental, e que a concessionária de Corumbá IV seria cobrada pelo reflorestamento da área. O Ibama se comprometeu a intensificar a fiscalização, levantando autos de infração e ações de reintegração de posse (GOIÁS, 2012).

4.5. Agricultura

Os municípios que abrigam o Lago Corumbá IV fazem parte da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE/DF), e teve sua criação efetivada na Lei Complementar n.º 94, Brasil (1998), compreendendo dentro os municípios que integram essa região, as cidades de Abadiânia, Alexânia, Luziânia,

Mimoso de Goiás, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto, Silvânia e Corumbá de Goiás.

Como argumentam Silva, Oliveira e Gomes (2023), a fundação de Brasília, foi essencial para a consolidação da fronteira agrícola no Centro-Oeste brasileiro, em especial na região de entorno da nova capital do país. A União reestruturou a região, anteriormente considerada um "vazio" demográfico, promovendo políticas de povoamento e desenvolvimento agropecuário. A criação de Brasília foi parte dessa estratégia, visando integrar espaços regionais, expandir o mercado interno e desconcentrar a atividade econômica.

A expansão agrícola se beneficiou do apoio estatal e dos investimentos em infraestrutura e tecnologia, como pesquisas agropecuárias e melhoramento genético. A construção da Estrada de Ferro Goiás no início do século XX também foi crucial, conectando a região com mercados nacionais e internacionais, e impulsionando o desenvolvimento regional (SILVA; OLIVEIRA; GOMES, 2023).

Tabela 6. Panorama da evolução das classes de agricultura na AID do reservatório Corumbá IV

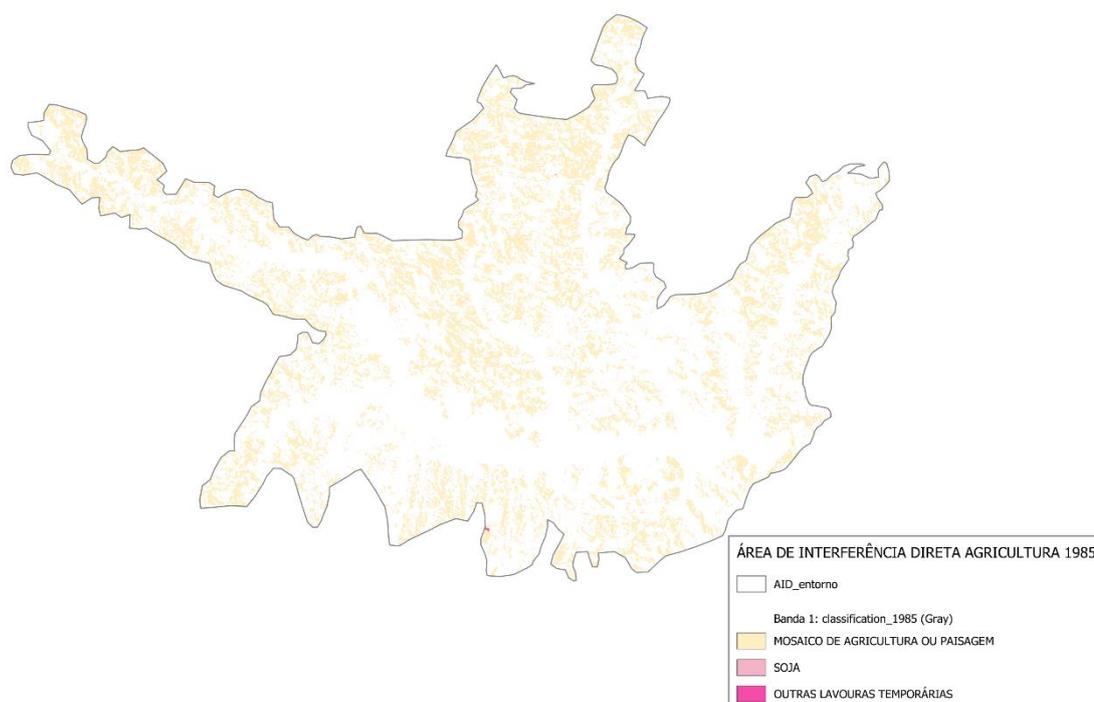
Ano	Área da Classe Mosaico de Agricultura e Paisagem	%	Área da Classe Soja	%	Área da Classe Outras Lavouras Temporárias	%
1985	219,159 Km ²	30,85	0,014 Km ²	0,002	0,045 Km ²	0,006
1986	224,055 Km ²	31,54	0,052 Km ²	0,007	0,007 Km ²	0,001
1987	227,014 Km ²	31,95	0,198 Km ²	0,02	0,027 Km ²	0,003
1988	237,003 Km ²	33,36	0,813 Km ²	0,11	0,045 Km ²	0,006
1989	235,476 Km ²	33,14	1,643 Km ²	0,23	0,074 Km ²	0,01
1990	224,927 Km ²	31,84	2,427 Km ²	0,34	0,093 Km ²	0,01
1991	218,196 Km ²	31,01	2,909 Km ²	0,41	0,125 Km ²	0,01
1992	210,909 Km ²	29,99	2,943 Km ²	0,41	0,168 Km ²	0,02
1993	210,909 Km ²	29,69	2,905 Km ²	0,40	0,309 Km ²	0,04
1994	210,457 Km ²	29,62	3,021 Km ²	0,42	0,272 Km ²	0,03
1995	206,338 Km ²	29,04	4,640 Km ²	0,65	0,734 Km ²	0,10
1996	202,912 Km ²	28,56	5,782 Km ²	0,81	0,305 Km ²	0,04
1997	193,420 Km ²	27,22	6,522 Km ²	0,91	0,274 Km ²	0,03
1998	187,073 Km ²	26,33	7,638 Km ²	1,07	0,423 Km ²	0,05
1999	170,367 Km ²	23,98	9,337 Km ²	1,31	0,577 Km ²	0,08
2000	159,249 Km ²	22,41	13,034 Km ²	1,83	2,707 Km ²	0,38
2001	154,387 Km ²	21,73	14,128 Km ²	1,98	4,325 Km ²	0,60
2002	152,939 Km ²	21,53	23,364 Km ²	3,28	1,600 Km ²	0,22
2003	155,298 Km ²	21,86	25,945 Km ²	3,65	1,568 Km ²	0,22
2004	156,540 Km ²	22,03	31,833 Km ²	4,48	2,380 Km ²	0,33

2005	156,010 Km ²	21,96	37,541 Km ²	5,28	2,511 Km ²	0,35
2006	153,535 Km ²	21,61	38,721 Km ²	5,45	3,703 Km ²	0,52
2007	150,378 Km ²	21,17	40,534 Km ²	5,70	2,225 Km ²	0,31
2008	150,528 Km ²	21,19	38,221 Km ²	5,38	4,325 Km ²	0,60
2009	157,066 Km ²	22,11	38,623 Km ²	5,43	4,800 Km ²	0,67
2010	161,486 Km ²	22,74	38,086 Km ²	5,36	4,989 Km ²	0,70
2011	171,624 Km ²	24,18	38,674 Km ²	5,44	4,419 Km ²	0,62
2012	174,675 Km ²	24,62	39,362 Km ²	5,54	3,081 Km ²	0,43
2013	173,927 Km ²	24,52	33,980 Km ²	4,79	8,524 Km ²	1,20
2014	167,863 Km ²	23,68	33,107 Km ²	4,67	9,920 Km ²	1,39
2015	164,968 Km ²	23,27	32,099 Km ²	4,52	12,303 Km ²	1,73
2016	164,782 Km ²	23,24	42,480 Km ²	5,99	3,789 Km ²	0,53
2017	167,323 Km ²	23,60	42,919 Km ²	6,05	3,944 Km ²	0,55
2018	167,635 Km ²	23,64	43,068 Km ²	6,07	3,823 Km ²	0,53
2019	168,681 Km ²	23,79	45,234 Km ²	6,38	2,295 Km ²	0,32
2020	168,127 Km ²	23,71	46,185 Km ²	6,51	2,137 Km ²	0,30
2021	170,775 Km ²	24,09	46,391 Km ²	6,54	1,989 Km ²	0,28
2022	168,530 Km ²	23,77	46,646 Km ²	6,58	1,851 Km ²	0,26

Fonte: Elaborada pela autora.

Os dados presentes na tabela 06 demonstram que a agricultura, representa uma parcela significativa de uso da terra na região de análise, compreendendo em 1985 a 219.218 Km² de área, somando as classes mosaico, soja e culturas temporárias. Em 2000, foi constatada uma redução para 174.990 Km², com recuperação progressiva após o estabelecimento da barragem, chegando em 2022 a 220.237 Km², área superior à do início da série histórica de análise. A classe mais abundante é o mosaico de agricultura, que apresentou uma conversão significativa para a soja a partir de 1995. Houve um crescimento também na classe de outras lavouras temporárias, de 0,045 Km² em 1985 para 12,303 Km² em 2015, e posteriormente decaindo para 1,851 Km² em 2022.

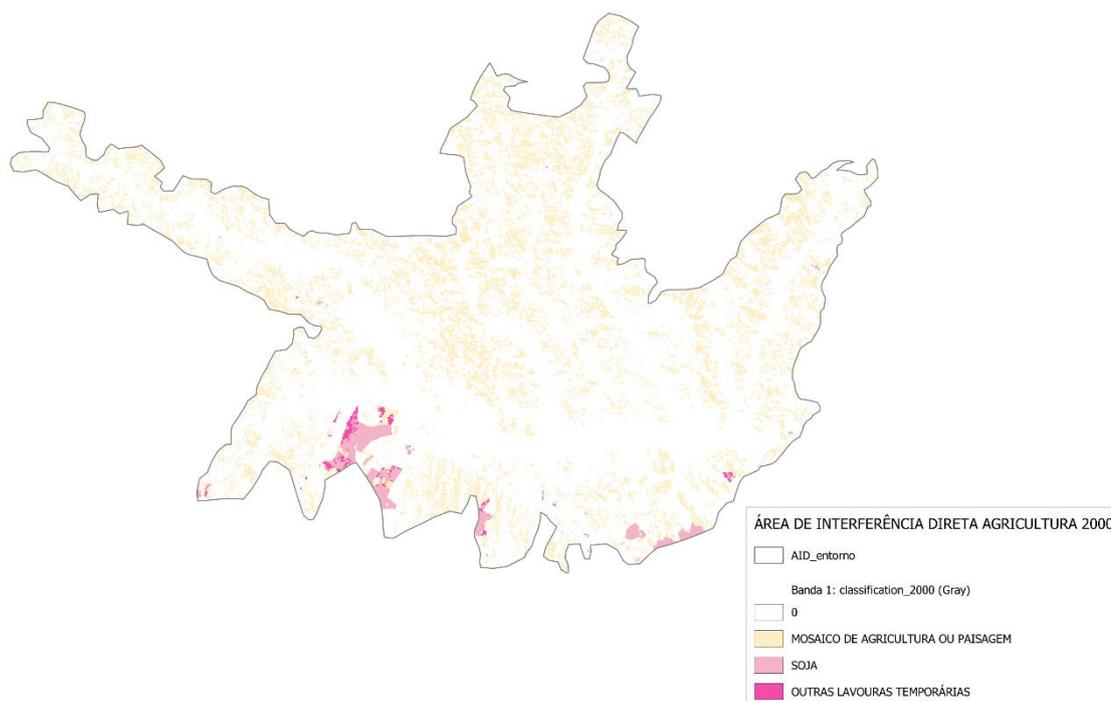
Figura 30. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 1985.



Fonte: Elaborado pela autora

É importante discutir que a classe mosaico de agricultura, também inclui as paisagens, não permitindo avaliar com exatidão se as áreas verificadas foram integralmente convertidas para a agricultura. Como expõem Freitas, Cavalcanti e Braz (2023), na coleção 6 do MapBiomass, a classe mosaico de agricultura era interpretada juntamente com a classe pastagem, gerando dificuldades de definição do tipo de uso da área analisada. O percentual de acurácia deste tipo de classe era de apenas 24,18%, e comumente havia dificuldades em diferenciá-la de lavouras como a cana-de-açúcar, milho, feijão e mandioca.

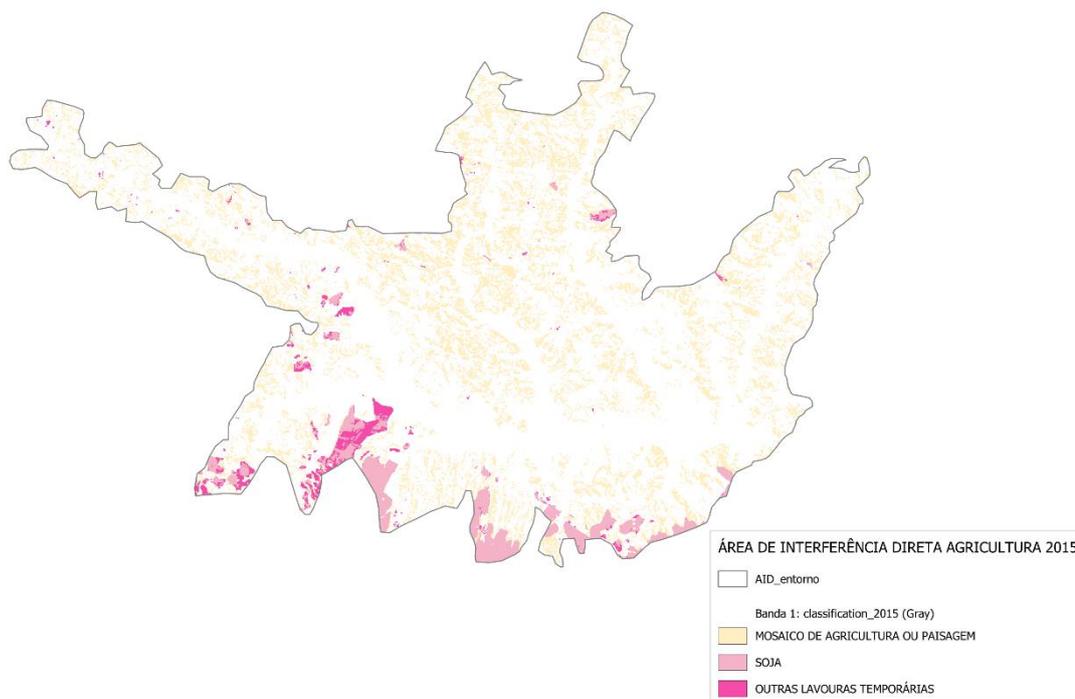
Figura 31. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 2000.



Fonte: Elaborado pela autora

Na coleção 8, a classe de pastagens foi separada da de mosaico de agricultura, porém esta classe ainda está vinculada a paisagens. No manual de Legendas da Coleção 8 do MapBiomias (2024b), esta classe é descrita como “mosaico de usos”, que no cerrado, compreendem as áreas de uso agropecuário, onde não é possível distinguir se são constituídas de lavouras ou pastagens. Entretanto, verificando que nesta coleção houve a detecção de uma vasta área de pastagens, é possível inferir que os registros para a classe de Moisaico de Agricultura e Paisagens, contemplam majoritariamente o uso para a agropecuária. De acordo com Leandro, Bayma e Bolfe (2023), a classificação “mapa de usos” contempla uma classe mista, que pode ser interpretada como área antropizada para fins agropecuários. Os autores argumentam que, as limitações de acurácia desta classe podem ser superadas, mediante análises de textura e formato do segmento, para melhor classificação entre lavouras e pastagens.

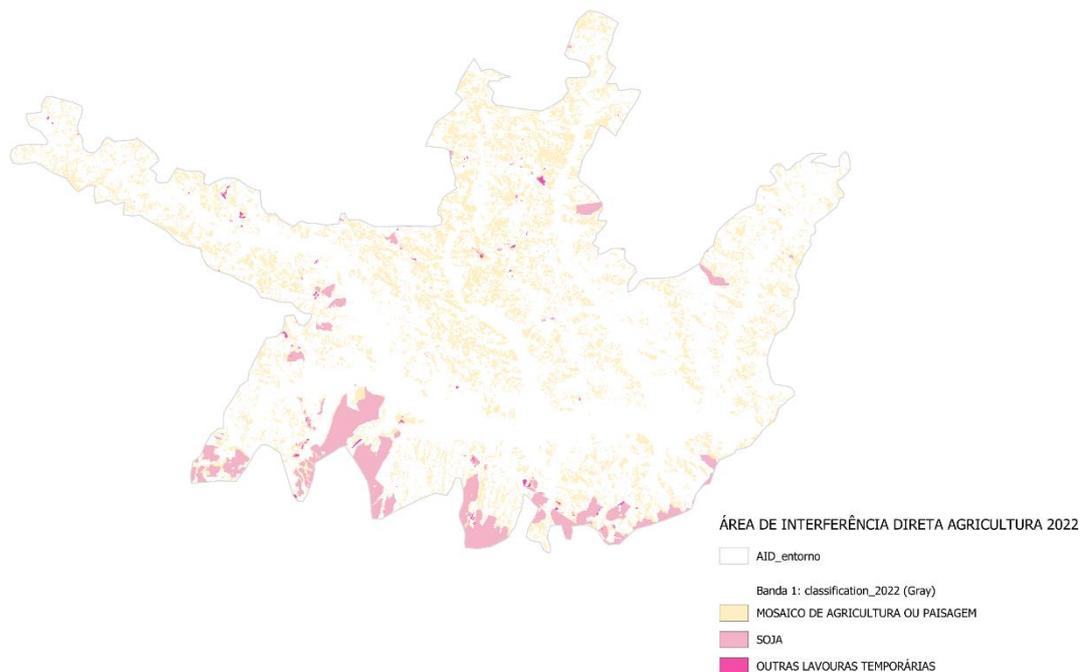
Figura 32. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV em 2015



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados para a classe apontam uma redução ao longo da série temporal, nas duas áreas de estudo, porém, a tabela 06 apresenta um crescimento exponencial da soja na região, fator que pode justificar a redução destas áreas, e fundamentar a argumentação de que houve uma intensa conversão do uso para o plantio da monocultura de soja. É importante discutir que, mediante os avanços apresentados na coleção 08 do Mapbiomas, resultantes no aprimoramento da tecnologia de sensoriamento remoto, é atualmente possível realizar a separação de classes como a soja e a pastagem do mosaico de agricultura. Esta classe era historicamente difícil de ser interpretada, devido à baixa acurácia em suas análises.

Figura 33. Classes de Agricultura na AID do Lago Corumbá IV, em 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação a lavouras temporárias, além da soja, são consideradas culturas dentro desta categoria, aquelas que possuem o ciclo vegetativo inferior ou igual a um ano (12 meses), e precisam de um novo plantio, após a colheita. São lavouras temporárias as monoculturas da soja, do milho e do trigo, além das plantações de feijão, cana-de-açúcar, mandioca e mamona, que geralmente ultrapassam o ciclo de colheita anual, porém também são categorizados como lavouras temporárias (IBGE, 2024).

Como pode ser visualizado na Tabela 06, as culturas temporárias apresentaram crescimento na série temporal, com oscilações maiores na cobertura da terra nos anos de 2001, 2014 e 2015. Como analisa Pessoa et al., (2021), que estudou as dinâmicas de cobertura da cana-de-açúcar em um município da paraíba, entre, 1995 e 2019, as lavouras temporárias possuem forte influência do mercado, e devido a seu curto ciclo produtivo, são alternativas produtivas a oscilações de preços em commodities agrícolas como a soja, o milho, a cana-de-açúcar e o café, permitindo que os produtores, convertam rapidamente as lavouras para produtos como a mandioca, o feijão e o tomate. Estes dados podem ajudar a explicar os achados da

pesquisa, que de forma geral identificou um aumento gradativo nas lavouras temporárias na região de estudo, e que recentemente, vem dando espaço para a soja, como visualizado nas figuras 32 e 33.

As cidades que abrigam o reservatório apresentam uma alta nas suas safras de soja, como demonstra a publicação do portal municipal de Luziânia (2023), que afirma um aumento expressivo na produção da soja, atingindo 275 mil toneladas em 2022. Informações do portal Agrolink (2024), informam que a área plantada no município era de 25 mil hectares em 2000, que aumentou para 50 mil hectares em 2006 e atingiu em 2020, último ano de análise do portal, 65 mil hectares de área plantada.

As informações agropecuárias do IBGE (2024) para Alexânia, indicam que em 2004, a cidade plantou 2.500 hectares de soja, aumentando para 8.200 hectares em 2016 (maior alta da série histórica), e na última análise, em 2022, foram plantados 4.500 hectares. Em Abadiânia, de acordo com o portal Agrolink (2021), a produção de soja aumentou de mil hectares em 2000, para 15 mil hectares em 2014 (maior área da série histórica), e nos últimos anos foi reduzida para 2.495 hectares em 2021. Os resultados demonstram que a soja foi amplamente explorada nessas cidades em meados da década de 2015 (2014-2016), e que recentemente a dedicação de áreas para a monocultura diminuiu, apesar de ainda serem expressivas.

Já em Silvânia, os o panorama agrícola do IBGE (2022), confirma um aumento progressivo na área de soja plantada, em 2004, foram convertidos 3.800 hectares para a produção da soja, aumentando para 38 mil hectares em 2016, e atingindo, 42.500 hectares em 2022. Portanto, é possível avaliar que os municípios de Luziânia e Silvânia, apresentam as maiores contribuições para os dados apresentados na tabela 07, que apresenta uma alta conversão de áreas para o plantio da soja na AID do Lago Corumbá.

Como apontado por Sampaio (2020), a soja foi o grão mais produzido e exportado pela região do RIDE DF entre 2017 e 2020, incluindo os municípios que abrigam o Lago Corumbá IV, correspondendo a 40,36% das exportações no triênio 2017-2019 e a 57,76% em 2020. Estes dados reforçam as constatações da pesquisa, demonstrando que a o uso agrícola das terras na AID do lago, foi majoritariamente dominado pela monocultura da soja. É possível deduzir que houve uma tendência de

mudança no uso da terra, onde a soja passou a ocupar uma parte das áreas dedicadas a agricultura.

O levantamento feito por Moura (2016), nos municípios que abrigam o Lago Corumbá IV, avaliou de forma geral, que entre 1988 e 2015, a classe da agropecuária foi a que mais teve aumento de área no período, correspondendo a 40% da área em 1988 e chegando a 60% no fim da série temporal em 2015. O trabalho também verificou que a classe de cerrado nativo, teve redução de área até 2010, porém com recuperação a partir de 2011, constatações que se alinham com os achados da pesquisa, demonstrando que há recuperação de vegetação nativa na região.

De acordo com Carneiro Filho e Costa (2016) a expansão da soja no Cerrado está relacionada com processos de desenvolvimento no Brasil. O primeiro, se refere às políticas governamentais que incentivaram a ocupação do Cerrado a partir da década de 1970. Nesse período, o governo federal implementou projetos de colonização e incentivos fiscais para promover a produção agropecuária, com destaque para a criação de infraestrutura, como estradas e energia, facilitando o acesso às áreas mais remotas. Essas iniciativas, focadas inicialmente na pecuária, criaram as condições necessárias para a expansão posterior da agricultura, incluindo a soja.

O segundo processo relacionado às pesquisas, teve um papel crucial na viabilização da produção de soja no Cerrado. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu tecnologias e variedades de soja adaptadas às condições específicas do solo e clima do Cerrado, possibilitando a expansão da cultura nessa região a partir da década de 1980. A ciência agrícola foi fundamental para transformar um bioma que antes era considerado improdutivo em um dos principais polos agrícolas do país (CARNEIRO FILHO; COSTA, 2016).

Os dados sobre a expansão da soja na região do lago, corroboram com as análises de que houve ampla conversão de mosaico de agricultura (associados a diversos plantios), para a soja, a partir da década de 1990. E reforça a argumentação de que essa monocultura não estava inserida dentro da classe de mosaico, validando a acurácia da coleção 08, referente a classe soja, separada atualmente de outras culturas temporárias.

4.6. Infraestrutura Urbana

Um tipo específico de uso de terra tem se destacando na região AID do Lago Corumbá IV, e corresponde ao estabelecimento de infraestrutura (tabela 08). Como descreve Araújo (2023), a infraestrutura urbana, representa a intervenção humana sobre o território, incorporando e implementando um sistema técnico de equipamentos e serviços, que possibilitem as funções urbanas, de ordem social, econômica e política.

São descritas como obras de infraestrutura urbana as casas, prédios, fábricas e outros imóveis, destinados a moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Também compreendem a infraestrutura urbana, as vias pavimentadas, a rede de energia, as centrais de abastecimento de água e gás, a rede de telecomunicações e locais para descarte de resíduos sólidos (ARAÚJO, 2023).

Tabela 7. Panorama da evolução da classe infraestrutura urbana, do reservatório corumbá IV, AID.

Ano	Área de Infraestrutura Urbana na AID	%
1985	0,001 Km ²	0,0001
1986	0,014 Km ²	0,002
1987	0,014 Km ²	0,002
1988	0,027 Km ²	0,003
1989	0,027 Km ²	0,003
1990	0,037 Km ²	0,005
1991	0,039 Km ²	0,005
1992	0,050 Km ²	0,007
1993	0,058 Km ²	0,008
1994	0,058 Km ²	0,008
1995	0,120 Km ²	0,016
1996	0,212 Km ²	0,029
1997	0,238 Km ²	0,033
1998	0,376 Km ²	0,052
1999	0,476 Km ²	0,067
2000	0,696 Km ²	0,097
2001	0,814 Km ²	0,114
2002	0,830 Km ²	0,116
2003	0,850 Km ²	0,119
2004	0,861 Km ²	0,121
2005	0,856 Km ²	0,120
2006	0,861 Km ²	0,121
2007	0,885 Km ²	0,124
2008	0,940 Km ²	0,132
2009	1,139 Km ²	0,160

2010	1,268 Km ²	0,178
2011	1,317 Km ²	0,185
2012	1,449 Km ²	0,204
2013	1,835 Km ²	0,258
2014	2,246 Km ²	0,317
2015	2,425 Km ²	0,342
2016	2,534 Km ²	0,357
2017	2,954 Km ²	0,416
2018	3,627 Km ²	0,511
2019	3,950 Km ²	0,557
2020	4,082 Km ²	0,575
2021	4,147 Km ²	0,585
2022	4,486 Km ²	0,632

Fonte: Elaborada pela autora.

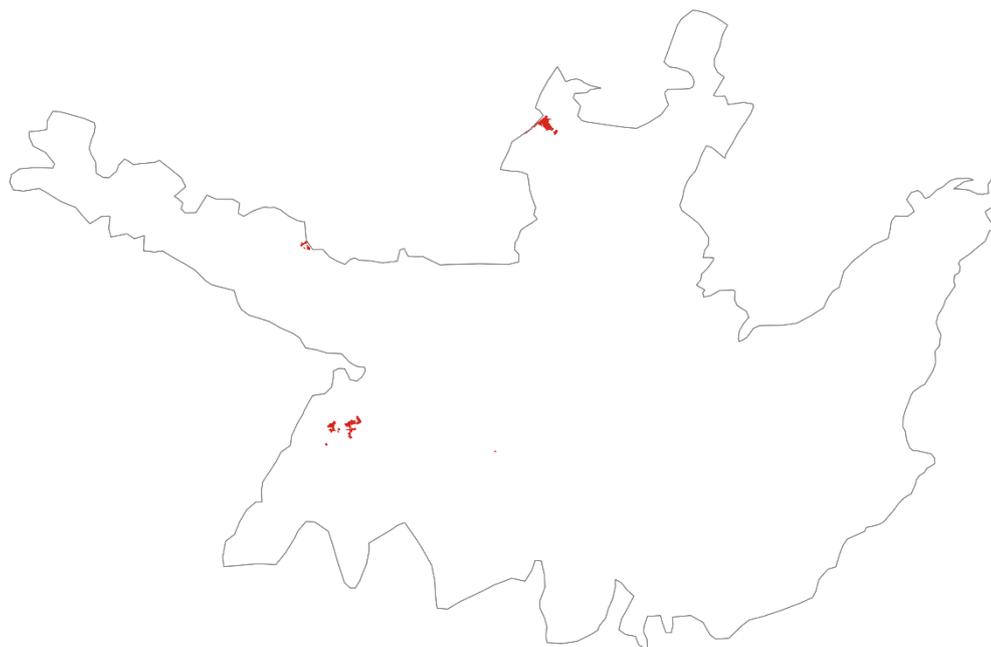
Como pode ser observado na tabela 07, até os anos 2000, havia uma infraestrutura urbana mínima na região, que começou a aumentar em área a partir da virada do século, quando apresentou 0,696 Km², crescendo progressivamente até 2010 quando atingiu uma área de 1,268 Km², e aumentando em quase 300% nos próximos 12 anos, chegando a uma área de 4,486 Km² em 2022.

Figura 34. Classe de Infraestrutura Urbana na AID do Lago Corumbá IV em 1985.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 35. Área de Infraestrutura Urbana na AID do Lago Corumbá em 2010.



Fonte: Elaborado pela autora.

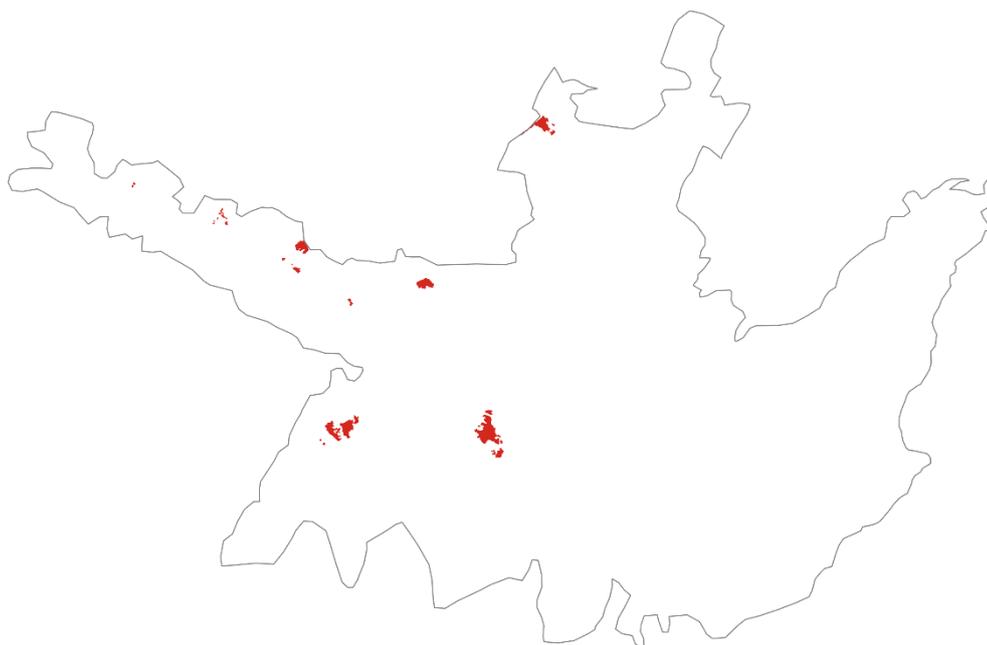
A análise destas informações, permite compreender que o estabelecimento do Lago Corumbá IV, foi um fator de forte influência para o crescimento da classe urbana na região. Como argumentam Leonardi e Coelho (2019), o estabelecimento do Reservatório possui como função a geração de energia e o abastecimento de água, porém, apresenta benefícios secundários como o turismo e o estabelecimento de propriedades de segunda residência. Este fenômeno justifica a formação de “manchas urbanas”, em direção a região do Lago Corumbá IV, detectadas em seu estudo, principalmente nas cidades de Abadiânia e Alexânia.

De acordo com Borges, Mendonça e Santos (2024), o Lago Corumbá IV é um destino turístico emergente em Goiás, com grande potencial devido à sua exuberante paisagem natural, à beleza do nascer e do pôr do sol, e à presença de fauna e flora do Cerrado. Os loteamentos na região são majoritariamente particulares e localizados no entorno do lago, respeitando a distância da Área de Preservação Permanente (APP). A maioria dos proprietários desses lotes é de Goiânia e Brasília, buscando descanso da cidade grande e construindo casas de temporada usadas principalmente em feriados, recessos e férias. Goiânia está a 120 km do lago, e Brasília a 150 km. Segundo um estudo realizado por Castro (2014), 86% das pessoas que circulam pelas

estradas do lago são turistas em busca de lazer e descanso, enquanto apenas 14% são moradores. Assim, torna-se evidente a necessidade de desenvolver estratégias para planejar e monitorar o turismo na região.

De acordo com Leonardi e Coelho (2019), em Abadiânia, houve o estabelecimento de loteamentos na região caracterizada como “Zona de expansão Urbana Descontínua de Especial Interesse Turístico e Ecológico” prevista no PACUERA do reservatório (CORUMBÁ CONCESSÕES, 2017a). Já em Alexânia e Santo Antônio do Descoberto, as ocupações por loteamentos ocorridas, seguiram os Planos Diretores dessas cidades, estabelecidos pela Lei Complementar nº893/06, que também seguiu as diretrizes do PACUERA.

Figura 36. Área de Infraestrutura Urbana da AID do Lago Corumbá IV em 2022



Fonte: Elaborada pela autora.

Os autores Coelho, Queiroga e Leonardi (2021), expandiram a pesquisa anterior, e constataram que o PACUERA, do Reservatório teve uma elaboração inadequada, publicado em 2005, o documento apresentou várias falhas críticas que comprometeram seu propósito de planejamento ambiental e contribuíram para um

aumento desordenado no loteamento do lago. Entre suas falhas são descritas: falta de diagnóstico participativo com as comunidades; não adequação aos planos diretores municipais; ausência de mapeamentos claros de uso e ocupações existentes e propostas para a área analisada; falta de dados essenciais como o percentual de APP's e o percentual de terra ocupado por outros usos.

Outra questão problemática foi que a versão final do PACUERA indicava que os instrumentos nele presentes não tinham caráter obrigatório para a alteração no uso do solo no entorno do reservatório. As decisões de uso do solo seriam autônomas dos proprietários, orientadas apenas pela legislação municipal. Neste cenário de pouca regularização, surgiram brechas que possibilitaram a implementação dos condomínios de lotes e dos condomínios fechados, que transferia a responsabilidade pela instalação de infraestrutura ao proprietário ou empreendedor (COELHO, QUEIROGA & LEONARDI, 2020).

Como analisado na literatura, essas falhas no PACUERA contribuíram para um aumento no loteamento do lago de maneira desorganizada e especulativa, comprometendo a gestão ambiental do entorno do reservatório. A falta de informações claras e obrigatoriedade de ações, juntamente com conflitos legais e tentativas de legalização de práticas irregulares, levaram a um planejamento ineficaz e a um uso descontrolado do solo na área. Este contexto, se alinha com os achados, representados na tabela 08.

Sobre as problemáticas ambientais da ocupação desordenada, a autora Silva (2020), explica que a partir de 2005, confirma que houve uma grande ocupação da região AID do reservatório, por empreendimentos imobiliários, o que representou um aumento no uso da cobertura para obras de loteamento. Como classifica a autora, esses novos aglomerados urbanos, trazem danos prejudiciais a toda a bacia hidrográfica, e podem influenciar na qualidade das águas do Lago Corumbá IV, devido ao fato de que o rápido estabelecimento de residências, não está acompanhando de uma infraestrutura adequada de saneamento básico, levando ao descarte de resíduos líquidos e sólidos nos corpos d'água que abastecem o lago, sendo uma das fontes primárias de poluição do reservatório.

De acordo com informações do Portal da Corumbá Concessões (2017b), a empresa tem detectado diversas infrações ambientais no reservatório, como pesca

predatória, caça e contrabando de espécies nativas do cerrado como antas, onças, capivaras, tatus e aves, uso de redes na época da piracema (reprodução), que estão se intensificando na região da AID do Lago. A curva de aumento dos danos e crimes ambientais, é proporcional ao aumento dos loteamentos, o aumento no foco de incêndios ocasionados por fogueiras, o uso de redes, anzóis, arpões, e o descarte de esgoto nas águas dos afluentes do lago são problemáticas perceptíveis (COELHO, QUEIROGA & LEONARDI, 2020).

Os autores Borges et al., (2021), enfatizam que a região do Lago Corumbá IV, não possui uma gestão turística regional, delegando a cada município a função de implementar políticas públicas de turismo em seus territórios, e conseqüentemente nos loteamentos do reservatório. Os autores argumentam que esta desarticulação das prefeituras, em prol de uma governança turística regional, fornece pouca interação entre os setores público e privado, impedindo que ações ambientais e de turismo sustentável sejam viabilizadas, impactando diretamente na propagação dos danos ambientais previamente citados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, realizada entre 2000 e 2005, causou mudanças marcantes na paisagem da bacia do alto rio Corumbá. A análise da evolução das áreas florestais na região do Lago Corumbá IV revela um crescimento no final dos anos 1980, seguido de estabilização, possivelmente influenciados pelas políticas ambientais, como a Política Nacional de Meio Ambiente e alterações no Código Florestal, que ampliaram as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essas medidas legais foram cruciais para proteger e expandir as áreas florestais, como indicado pelo aumento e estabilização contínuos dessas áreas na região.

Já a análise das formações savânicas e campestres mostra trajetórias distintas, influenciadas por fatores ambientais e humanos. As formações savânicas cresceram entre 1985 e 1987, mas diminuíram progressivamente até 2008, possivelmente devido à expansão agropecuária. Houve uma recuperação parcial entre 2009 e 2018, período de intervenção de políticas ambientais, como o PPCerrado, e monitoramento do desmatamento. A partir de 2019, a área de savana voltou a diminuir, associada à

descontinuidade das políticas e ao aumento do desmatamento. Quanto às formações campestres, houve uma redução significativa de 1985 para 1986, seguida de decréscimos progressivos até 2004, provavelmente devido à expansão agrícola e conversão de áreas de cerrado para uso agropecuário. Houve uma recuperação a partir de 2005, coincidindo com o alagamento da área do reservatório, continuando até 2022.

Essas trajetórias ilustram os impactos das políticas ambientais, atividades agropecuárias e mudanças climáticas na região. Enquanto as formações savânicas mostraram uma recuperação parcial, a classe campestre apresentaram uma recuperação mais consistente após um declínio inicial. No entanto, a recente diminuição das áreas de savana e as oscilações nas áreas campestres destacam a necessidade de políticas ambientais contínuas e eficazes. Foi detectada via literatura, que a migração da fronteira agrícola para o MATOPIBA, pode constituir um fator importante na estabilização das áreas de cerrado na região estudada.

Em relação ao uso da terra, se destacam as atividades de agropecuária, de ordem antrópica. Os dados apresentados mostram uma dinâmica complexa das áreas de pastagem na região da AID do reservatório entre 1985 e 2022. Durante as décadas de 1980 e 1990, houve um aumento expressivo na área de pastagens, impulsionado por investimentos em pecuária no Cerrado Goiano, esse crescimento pode ter decorrido da instabilidade financeira do Brasil na época, levando os investidores a optarem por ativos físicos, como a pecuária extensiva.

A partir de 2000, houve uma estabilização e, posteriormente, uma redução progressiva das áreas de pastagem. Essas mudanças sugerem que uma combinação de fatores, incluindo a implementação do reservatório e iniciativas de conservação ambiental, como o plano ambiental elaborado pelo Ministério Público de Goiás em 2012, ajudaram a reduzir a ação antrópica no setor pecuarista. Outros fatores, como a adoção de tecnologias de manejo mais eficientes, podem ter contribuído para a otimização das áreas de pastagem, permitindo a criação extensiva em áreas menores.

Em relação à agricultura, observou-se uma mudança proporcional das áreas agrícolas (incluindo culturas temporárias e perenes) para a produção de soja, com poucas evidências de uma grande conversão de cobertura natural para uso agrícola, na realidade, foi constatada uma recuperação das savanas e campos na região de

estudo, pelo menos até 2022, em dados rastreáveis. No entanto, pesquisas de monitoramento mais recentes são necessárias para entender se houve mudanças nesse cenário.

A maior mudança no uso agropecuário da terra, se deve ao crescimento da soja na região de análise. Os municípios que abrigam o Lago Corumbá IV, especialmente Luziânia e Silvânia, desempenharam um papel significativo na expansão dessa monocultura. Essa conversão reflete a preferência dos agricultores por culturas mais rentáveis e a pressão do mercado global por produtos agrícolas.

Os achados para infraestrutura urbana nas áreas de influência direta (AID) e na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago Corumbá IV, revelaram que até os anos 2000, a infraestrutura urbana na região era mínima, mas a partir de então, houve um aumento constante, especialmente após a virada do século, e se intensificando após 2005. Este crescimento pode ser atribuído em grande parte à criação do Lago Corumbá IV, que atraiu investimentos em turismo e propriedades de segunda residência. A presença do lago promoveu o surgimento de loteamentos, especialmente em Abadiânia, Alexânia e Santo Antônio do Descoberto, como resultado de políticas urbanas e planos diretores municipais que incentivaram o desenvolvimento nessa região.

No entanto, este desenvolvimento não foi acompanhado de um planejamento ambiental adequado. O PACUERA (Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial), apresentou diversas falhas críticas que comprometeram a gestão ambiental da área. Estas lacunas legais, permitiram a ampla ocupação da AID, através de loteamentos e condomínios, identificados na análise. A falta de infraestrutura pública, reflete em danos ambientais, como descarte inadequado de esgoto, crimes ambientais (caça e pesca predatória, incêndios, e comércio de espécies nativas), e assoreamento das margens do lago.

Este projeto conclui que a região possui dinâmicas complexas, estabelecidas a partir da criação do lago, que envolvem fatores ambientais, sociais e políticos. Há na literatura, estudos escassos sobre os fenômenos de cobertura e uso da terra na região, sendo necessária a produção de pesquisas específicas, principalmente em função da alta taxa de urbanização na região. Os dados ambientais revelam que há esforços para a manutenção da cobertura vegetal nativa, por parte da Corumbá

Concessões e do Poder Público, comprovados pela análise, porém, a agropecuária não parece ser a ação antrópica mais preocupante na região, que sofre atualmente com alta especulação imobiliária, sem um aparato jurídico robusto e preciso, e uma ação ambiental pública eficaz para mitigar danos ambientais crescentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROLINK. **Estatísticas Agropecuárias: Abadiânia (GO)**. 2021. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/go/abadiania/estatistica>. Acesso em: 21/05/2024.
- AGROLINK. **Estatísticas Agropecuárias: Luziânia (GO)**. 2024. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/go/luziania/estatistica>. Acesso em: 20/05/2024.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens – Volume 5**. 2016. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/volume-v-diretrizes-para-a-elaboracao-de-projetos-de-barragens. Acesso em: 23/08/2023.
- ANAA. Agência Nacional de Águas. **Capacidade de Armazenamento dos Reservatórios**. Publicação Online. 2022. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/67199519-c5f4-497b-baf8-ab00e057e8da#:~:text=A%20partir%20da%20base%20de,para%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20hidrel%C3%A9trica>. Acesso em: 22/08/2023.
- ANAb. Agência Nacional de Águas. **Resolução Conjunta ANA ANEEL nº 127/2022**. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/monitoramento-hidrologico-do-setor-eletrico/resolucao-conjunta-ana-aneel-127-2022/ResolucaoConjunta127_2022.pdf. Acesso em: 23/08/2023.
- ARAÚJO, I. C. **Infraestrutura urbana e regional: conceitos principais**. Gama, E-Book. DF: UNICEPLAC, 2021. Disponível em: <https://dspace.uniceplac.edu.br/bitstream/123456789/2511/1/Infraestrutura%20Urbana%20e%20Regional%20-%20Conceitos%20Principais.pdf>. Acesso em: 20/05/2024.
- ARRAIS, M. E. **A marcha para o oeste e o Estado Novo: a conquista dos sertões**. Artigo de Conclusão de Curso, 17 p. Graduação em História. Universidade de Brasília, 2016.
- AYRIMORAES, S.; FONTENELLE, T.; CRUZ, M. **Reservatórios artificiais e seus efeitos no balanço hídrico nacional**. Caderno Opinião. Boletim Energético. Fundação Getúlio Vargas. 2019.
- BANDEIRA, M. N.; CAMPOS, F. I. **Bioma Cerrado: relevância no cenário hídrico brasileiro**. Anais do IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente –SNCMA –III CIPEEX. 2018.
- BARBOSA, A. S. Um Bioma em Extinção. **Xapuri Socioambiental**, v. 4, p. 19-21, 2015.
- BOLFE, É. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K.; CAMPOS, S. I. R. E. **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. EMBRAPA. Brasília/DF. 2020.
- BOLSON, S. H. O cerrado nas metas brasileiras do acordo de Paris: a omissão do estado brasileiro com o desmatamento na cumeieira da América do Sul. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**. Salvador, v. 4, n. 1, p. 112 – 131 | Jan/Jun. 2018.
- BORGES, A. A.; MENDONÇA, D. P.; SANTOS, J. C.V. Trilha de longo curso aquática no Lago Corumbá IV: possibilidades e desafios. **Revista Territorial** (ISSN 2317-0360), v. 13, n. 1, p. 33-62, 2024.

BORGES, I. P. A.; SANTOS, P. V. S.; DOMINGUES, P. H. E.; RAMOS, P. P. C. C. **Satélites spot: aspectos teóricos, técnicas e aplicações.** Anais do XII Congresso Nacional de Engenharia de Salvador, CONEA, 2015.

BRASIL. **Lei nº 5.851, de 7 de dezembro de 1972.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/15851.htm#:~:text=L5851&text=LEI%20No%205.851%2C%20DE,EMBRAPA\)%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/15851.htm#:~:text=L5851&text=LEI%20No%205.851%2C%20DE,EMBRAPA)%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs). Acesso em: 26/08/2023.

BRASIL. **Decreto nº 72.020, de 28 de março de 1973.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d72020.htm. Acesso em: 27/08/2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Brasília/DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,aplica%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 11/05/2024.

BRASILa. **Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986.** Brasília/DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17511.htm. Acesso em: 11/05/2024.

BRASILb. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília/DF. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em: 25/07/2024.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Brasília/DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 11/05/2024.

BRASIL. **Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989.** Brasília/DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17803.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%207.803%2C%20DE%2018,Art. Acesso em: 11/05/2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 237 de 19 de dezembro de 1997.** Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95982>. Acesso em: 25/08/2023.

BRASIL. **Lei complementar nº 94, de 19 de fevereiro de 1998.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp94.htm#:~:text=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2094%2C%20DE%2019%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201998&text=Aut%20oriza%20o%20Poder%20Executivo%20a,Federal%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 12/10/2024.

BRASIL. **Despacho Nº 392, de 23 de setembro de 1999.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/dsp1999392.pdf>. Acesso em: 02/08/2024.

BRASIL. **Despacho nº 126, de 29 de março de 2000.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/DSP2000126.PDF>. Acesso em: 02/08/2024.

BRASIL. **Extrato de Contrato de Concessão de Distribuição nº 084/2000.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ect2000084.pdf>. Acesso em: 02/08/2024.

BRASIL. **Despacho N° 203, de 24 de abril de 2001.** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/PRT2000126.PDF>. Disponível em: 02/08/2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 302 de 2002.** Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2002/res_conama_302_2002_apps_reservatoriosartificiais.pdf. Acesso em 21/08/2023.

BRASIL. **Instrução normativa IBAMA N° 125, de 18 de outubro de 2006.** Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2006/in_ibama_125_2006_revogada_recifesartificiais_revogada_in_ibama_22_2009.pdf. 12/10/2024.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 12/10/2024.

BRASILa. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.** Política Nacional de Segurança de Barragens. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm. Acesso em: 25/08/2023.

BRASILb. **UHE Corumbá IV – Processo nº 02001.007059/01-33. IBAMA.** 2010. Disponível em: https://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Corumba%20IV%20-%202002001.007059_2001-33/Processo%20Digitalizado/Volume%2023.pdf. Acesso em: 25/08/2024.

BRASIL. **Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 25/08/2023.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Instituiu o Novo Código Florestal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25/08/2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014.** Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=677#:~:text=A%20%C3%A1rea%20de%20influ%C3%Aancia%20Direta,potencial%20de%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20ou%20aproveitamento. Acesso em: 12/10/2024.

BRASIL. **Decreto nº 8.437, de 22 de abril de 2015.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8437.htm. Acesso em: 25/08/2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Cerrado.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>. Acesso em: 18/09/2023.

BRASILa. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **O Bioma Cerrado.** 2023. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 19/08/2023.

BRASILb. **Estudo aponta incremento de 37% na produção de grãos no Matopiba em dez anos. Governo Federal.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-aponta-incremento-de-37-na-producao-de-graos-no-matopiba-em-dez-anos>. Acesso em: 02/09/2023.

BRASIL. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Bioma Cerrado – PPCerrado.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/consultapublica-ppcerrado>. Acesso em: 12/05/2024.

BROCHADO, M. L. C. **Análise de cenário de desmatamento para o estado de Goiás.** Trabalho de Conclusão de Curso, 58 pág. Bacharelado em Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, 2014.

CARNEIRO FILHO, A.; COSTA, K. **A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável.** São Paulo, Agroicone, p. p1-30, 2016.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.** v.11, n.10, p.1036-1045, Out, 2017.

CASTRO, M. C. **Território usado e a produção social do turismo na Usina Hidrelétrica Corumbá IV.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação Em Geografia. UNB, 2014.

CASTRO, R. C. **O cerrado e sua não denominação como patrimônio nacional na constituição federal brasileira de 1988: A relação entre o desmatamento e a proteção legislativa do ordenamento jurídico brasileiro.** Monografia, 76 p. Bacharelado em Direito. Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC. 2019.

COELHO, L. L.; QUEIROGA, E.; LEONARDI, I. Planning instruments, urban expansion, and administrative spheres: Conflicts and contradictions within the Corumbá IV Hydroelectric Power Plant implementation. In **SciELO Preprints.** 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, Safra 2018/19: sexto levantamento.** Brasília: Conab, 2019. 69 p.

CONTINI, E., MARTHA JUNIOR, G. B., GASQUES, J. G., VIEIRA JUNIOR, P. A., ELISIO CONTINI, S. I. R. E., JOSÉ GARCIA GASQUES, I., & PEDRO ABEL VIEIRA JUNIOR, S. I. R. E. O papel das políticas públicas no Cerrado. **Dinâmica Agrícola do Cerrado**, vol. 1, 59-88. 2020.

CORRÊA, C. V. DOS S. A geotecnologia no monitoramento, alerta e prevenção de desastres - os desastres naturais e tecnológicos no cenário brasileiro e estudos de caso do emprego de geotecnologias como subsídio a sua mitigação. **Revista Ciência Geográfica**, p. 390 - 417, 2020.

CORUMBÁ CONCESSÕESa. **A usina hidrelétrica corumbá IV – Visão Geral.** Portal Empresarial. 2024. Disponível em: <https://www.corumbaconcessoes.com.br/uhe-corumba-iv/visao-geral/>. Acesso em: 09/05/2024.

CORUMBÁ CONCESSÕESb. **Informações técnicas.** 2024. Disponível em: <https://www.corumbaconcessoes.com.br/uhe-corumba-iv/informacoes-tecnicas/>. Acesso em: 11/05/2024.

CORUMBÁ CONCESSÕES. **Nossa História.** 2024c. Disponível em: <https://www.corumbaconcessoes.com.br/uhe-corumba-iv/a-historia/>. Acesso em: 11/05/2024

CORUMBÁ CONCESSÕESa. **Pacuera.** 2017. Disponível em: <https://www.corumbaconcessoes.com.br/documentos/> Acesso em: 22/05/2024.

CORUMBÁ CONCESSÕESb. **Denúncias de caça e pesca predatória são levadas a Seminário de Educação Ambiental.** 2017. Disponível em:

<https://www.corumbaconcessoes.com.br/denuncias-de-caca-e-pesca-predatoria-sao-levadas-a-seminario-de-educacao-ambiental/>. Acesso em: 21/05/2024.

COSTA, J. S.; COSTA, J. S.; GOMES, A. **Análise da mudança do padrão de alerta de desmatamento detectado pelo projeto DETER cerrado pré e durante a pandemia de COVID-19**. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2023.

COSTA, W. S. **Mapeamento de formações campestres nativas e de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro utilizando mineração de dados**. Dissertação, 107 pág. Pós-Graduação em Computação Aplicada. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2014.

COSTA, Y. T., & RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista Do Departamento De Geografia**, 30, 149-165. 2015.

CRUZ, A. R.; TEIXEIRA, C. S.; PEREIRA, J. A.; AMORIM, R.; PINHEIRO, J. R. Impacto causado pela implantação de usina hidrelétricas e PCH's na amazônia meridional. **Revista Eletrônica Georagaia**. Barra do Garças-MT. V 6, n.1, p. 19 a 29. Janeiro/julho. 2016.

DÉROULÉDE, L. P. **Atuação do Ministério Público Federal no Licenciamento Ambiental em Goiás/GO: UHE Corumbá IV – um estudo de caso**. Brasília: Universidade de Brasília – Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2005. 64p

EARTHENGINE. **Plataform.** 2024. Disponível em:

<https://earthengine.google.com/platform/>. Acesso em: 10/06/2024.

EMBRAPAa. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. Publicação Online. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>. Acesso em: 21/08/2023.

EMBRAPA. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite**. 2023. Publicação Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 10/09/2023.

EMBRAPA. **SENTINEL - Missão Sentinel**. 2023. Publicação Online. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em: 10/09/2023.

FONSECA, I. F. **A Construção de Grandes Barragens no Brasil, na China e na Índia: Semelhanças e Peculiaridades dos Processos de Licenciamento Ambiental em Países Emergentes**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília/ Rio de Janeiro: Ipea. 2013.

FONTES, A. R. F.; GIUDICE, D. S. Impactos socioambientais nas construções de barragens hidrelétricas. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**. Ano XVIII Volume 18 nº 32 jul./dez. 2021.

FREITAS, V. A. **O desafio da ocupação territorial da Área de Preservação Permanente – APP, do reservatório da UHE Corumbá IV**. Trabalho de Conclusão de Curso. 60 pág. Pós Graduação em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Centro Universitário de Brasília. 2014.

FREITAS, L. C. S.; CAVALCANTI, L. C. S.; BRAZ, A. N. Avaliação da acurácia das classes de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (coleção 6) para o município de Carpina (PE).

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 45, v. 2, p. 38-52, mai-ago 2023.

GIACOMETTI, K.; DOMINSCHKE, D. L. Ações antrópicas e impactos ambientais: industrialização e globalização. **Caderno Intersaberes** - v. 7 n. 10 – 2018.

GOIÁS. **Reunião define estratégias para combater ocupação irregular de app em Corumbá IV**. 2012. Disponível em: <https://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/reuniao-define-estrategias-para-combater-ocupacao-irregular-de-app-em-corumba-iv>. Acesso em: 14/05/2024.

GOOGLE EARTH ENGINE. **Earth Engine Data Catalog: Landsat**. 2024. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat>. Acesso em: 10/05/2024.

HENDGES, E. R.; FOLLADOR, F. A. C.; ANDRES, J. Estudo de correlação entre o uso e cobertura da terra com a temperatura de superfície registrada pelo satélite Landsat 8. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, MG. v.32, p.338-347, 2020.

IBAMA. **Licenciamento UHE Corumbá IV – Subestação Brasília (GO e DF)**. Volume XVI. 2008. Disponível: https://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Corumba%20IV%20-%202002001.007059_2001-33/Processo%20Digitalizado/Volume%2016.pdf. Acesso em: 02/06/2024.

IBAMA. **UHE - Corumbá IV – Subestação Brasília (GO e DF) – Volume IV**. 2001. Disponível em: https://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/Corumba%20IV%20-%202002001.007059_2001-33/Processo%20Digitalizado/Volume%204.pdf. Acesso em: 02/06/2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra**. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cobertura e uso da terra**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra.html>. Acesso em: 20/08/2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000**. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. (Relatórios metodológicos, v. 45). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: 18/08/2023.

IBGE. **Dados agropecuários, Silvânia (GO): plantio de soja**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/silvania/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10356>. Acesso em: 21/05/2024.

IBGE. **Dados agropecuários, Alexânia (GO): plantio de soja**. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/alexania/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10370>. Acesso em: 21/05/2024.

IBGE. **Culturas temporárias e culturas permanentes**. IBGE Educa: Professores. 2024. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/professores/educa-atividades/17666-culturas-temporarias-e-culturas-permanentes.html#:~:text=Cultura%20tempor%C3%A1ria%3A%20S%C3%A3o%20culturas%20de,soja%2C%20milho%2C%20feij%C3%A3o%20etc>. Acesso em: 03/08/2024.

INPE. **Projeto Monitoramento do Cerrado – PRODES**. 2021. Disponível em: <http://cerrado.obt.inpe.br/>. Acesso em: 31/08/2023.

INPEa. **Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Deter)**. 2023. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/alerts/legal/amazon/daily/>. Acesso em: 31/09/2023.

INPEb. **Tutorial de Geoprocessamento**. 2023. Publicação online. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em: 10/09/2023.

ITAIPU. **Barragem**. 2023. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/barragem>. Acesso em: 22/08/2023.

JUNIOR, A. B.; GUEDES, J. A.; ALVES, A. M. Zoneamento da zona de amortecimento do Reservatório Caiçara, enquanto subsídio a gestão e ao gerenciamento. **Revista Tocantinense de Geografia**, [S. l.], v. 12, n. 28, p. 114–138, 2023. DOI: 10.20873/rtg.v12i28.16721.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, EL. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**. 58:4–15. 2016.

LEANDRO, V. B. S.; BAYMA, G.; BOLFE, E. L. **Dados de sensoriamento remoto na análise do uso e cobertura da terra do município de Caconde (SP)**. Anais do 17º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2023.

LEONARDI, I. C.; COELHO, L. L. Análise dos impactos dos processos de expansão urbana e sua relação com as legislações urbanísticas e ambientais em três municípios do entorno do reservatório Corumbá IV: Abadiânia, Alexânia e Santo Antônio do Descoberto. **Revista Belas Artes**, 31(3), 1–26. 2023.

LIMA, E. C. **MATOPIBA: desenvolvimento rural em uma nova fronteira agrícola**. Tese, 151 p. Doutorado em Economia e Relações Internacionais. Universidade Federal de Uberlândia. 2020.

LUZIÂNIA. **Luziânia ultrapassa Itumbiara e se torna a 7ª maior economia de Goiás**. Portal Municipal. 2023. Disponível em: <https://www.luziania.go.gov.br/luziania-ultrapassa-itumbiara-e-se-torna-a-7a-maior-economia-de-goias/#:~:text=Marcos%20Melo%20ressaltou%20ainda%20o,275%20mil%20toneladas%20do%20gr%C3%A3o>. Acesso em: 20/05/2024.

MACHADO, P. A. L. Inovações na legislação ambiental brasileira: A proteção das florestas. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.10 n.19. 2013.

MAPBIOMAS. **Coleção 8**. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-8/>. Acesso em: 10/06/2024.

MAPBIOMASa. **Códigos da legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do MapBiomias**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Legenda-Colecao-8-LEGEND-CODE-1.pdf>. Acesso em: 10/05/2024.

MAPBIOMASb. **Desmatamento nos biomas do Brasil cresceu 22,3% em 2022. 2023.** Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022/>. Acesso em: 13/05/2024.

MAPBIOMASa. **Coleções MapBiomas: Coleção 8.** 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-8/>. Acesso em: 10/05/2024.

MAPBIOMASb. **Códigos de Legenda – Descrição da Legenda.** 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/Legenda-Colecao-8-Descricao-Detalhada-PDF-PT-3-1.pdf>. Acesso em: 14/05/2024.

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; PINTO FILHO, R. F. **Chuvas no estado de goiás: análise histórica e tendência futura.** ACTA Geográfica, Boa Vista, v.6, n.12, mai./ago. de 2012. pp.125-137

MATOS, P. F. **As tramas do agronegócio nas terras do sudeste goiano.** Tese, 357 pág. Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. 2011.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, nº 61/02, 2009.

MEDEIROS, R. A. L. Significados etnográficos no processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica Corumbá IV: edificando padrões operacionais. **Universitas Jus**. v. 26, n. 1, 2015.

MENDONÇA, A. K. DE S.; BORNIA, A. C. Governança ambiental para a proteção do bioma Amazônia e Cerrado: o que o Brasil tem feito? **Sistemas & Gestão**, 17(3). 2022.

MEYER, P. M.; RODRIGUES, P. H. M. Progress in the Brazilian cattle industry: an analysis of the Agricultural Censuses database. **Animal Production Science**, v. 54, n. 9, p. 1338-1344, 2014.

MOURA, N. V. A. **Comparação entre classificadores supervisionados para fins de análise multitemporal do uso e cobertura da terra no entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Corumbá IV/GO.** Dissertação, 53 pág. Mestrado em Geografia. Universidade de Brasília. 2016.

NASCIMENTO, V.; BATISTA FILHO, M.; DIAS, M. Evolução do efetivo de bovinos no Brasil, estado de Goiás e município de Jataí (GO). **Enciclopédia Biosfera**, 13(23). 2016.

OLIVEIRA, R. M.; RAPOSO, L. M.; GARCIA, R. C.; Transformation of land use and cover in the Cerrado: the impact of the sector agriculture from 1985 to 2020. **Sigmae**, 13(1), 1–12. 2024.

OLIVEIRA, M. T.; CASSOL, H. L. G.; GANEM, K. A.; DUTRA, A. C.; PRIETO, J. D.; ARAI, E.; SHIMABUKURO, Y. E. Mapeamento da vegetação do cerrado—uma revisão das iniciativas de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, 72. 2020.

OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; MORAN, M. S.; GOODRICH, D. C.; WENDLAND, E.; GUPTA, H. V. Trends in water balance components across the Brazilian Cerrado. **Water Resources Research**. 50, p. 7100–7114, 2014.

OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; WENDLAND, E. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. **Earth Surface Processes and Landforms**. 40:1524–1532. 2015.

PASSOS, B. P.; KLOCK, A. B. Análise comparativa do antigo e o Novo Código Florestal: progresso ou retrocesso? **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, maio/ago. 2019.

PAULINO, T. V. F. **Licenciamento Ambiental: Responsabilidade Civil do Estado diante dos Danos Causados Pelas Construções de Usinas Hidrelétricas**. Trabalho de Conclusão de Curso, 62 p. Graduação do Curso de Direito da Universidade Anhembi Morumbi. 2022.

PEIXOTO, D. D. **Influência do projeto hidrelétrico de Corumbá IV sobre a gestão ambiental municipal**. Dissertação, 169 pág. Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. 2009.

PESSOA, G. G. F. A.; ALVES, A. K. S.; DANTAS, É. A.; ALMEIDA, L. J. M.; SILVA, J. A.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SANTOS, J. P. O. Dinâmica temporal da produção de cana-de-açúcar em um município do Brejo Paraibano, Brasil (1995–2019). **Scientific Electronic Archives**, 14(11). 2021.

PINHEIRO, T.; SCHEIBE, A. **Padrões de desmatamento em ecorregiões do Cerrado**. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 2023.

QUINTÃO, J. M. B.; CANTINHO, R. Z.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; MARACAHIPES, R.; BUSTAMANTE, M. M. C. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura**, vol.73 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2021.

RANGEL, J. C. A. **Educação Ambiental e ecoturismo: uma nova proposta para a conservação de reservatórios**. Dissertação, 207 p. Mestrado em Ciências Ambientais, UNESP. 2020.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Disciplinas Online. Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5595356/mod_resource/content/2/Apostila_Geop_osa.pdf. Acesso em: 05/09/2023.

ROSSI, N. F. P.; LIMA, V. H. R.; BORGES, L. A. C.; PEDROSO, D. DE F.; LEITE, I. M. P. Usos conflitivos das APP do reservatório do funil no município de Ijaci, Minas Gerais – Brasil / Conflict uses of PPA of the funil reservoir in Ijaci, Minas Gerais - Brazil. **Brazilian Journal of Development**, 6(7), 42993–43011. 2020.

SALOMON, M. M. R. **Quem disputa o MATOPIBA? interesses e sustentabilidade na fronteira agrícola**. Tese, 157 p. Doutorado em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. 2020.

SAMPAIO, L. S. **Comércio exterior da região integrada de desenvolvimento do distrito federal e entorno (RIDE-DF): Desafios e oportunidades com a Covid-19**. TCC, 80 pág. Bacharelado em Ciências Contábeis. Universidade de Brasília. 2020.

SANTANA, C. A. M.; CAMPOS, C. K.; MARRA, R.; ARAGÃO, A. A. Cerrado: Pilar da agricultura brasileira. In: In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 2, p. 39-58.

- SANTOS, A. P. G.; LIMA JÚNIOR, E. B. **Redesign do livro “Cerrado: berço das águas” adaptado para crianças de 7 a 12 anos**. Trabalho de Conclusão de Curso, 54 pág. Tecnólogo em Design Gráfico. Faculdade SENAC. 2017.
- SANTOS, ÉRICA C. M.; VAZQUEZ, G. H. Legislação ambiental em área impactada em margem de reservatório de água em Iturama, Minas Gerais. **Multitemas**, 21(59), 227–252. 2020.
- SANTOS, L. A. C.; MIRANDA, S. C.; SILVA NETO, C. M. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. **Élisée, Revista de Geografia da UEG** – Goiás, v.9, n.2, jul./dez. 2020.
- SANTOS, Z. F. **Uso do geoprocessamento para a avaliação do uso e ocupação de solo no município de Humaitá – AM**. Trabalho de Conclusão de Curso, 33 p. Bacharelado em Agronomia. Universidade Federal do Amazonas. 2023.
- SILVA, I. S.; OLIVEIRA, S. F. C. **Impactos ambientais causados pela hidrelétrica corumbá IV**. Monografia, 19 pág. Especialização em Gestão Ambiental. Faculdade Católica de Anápolis. 2009.
- SILVA, S. R. **O Impacto ambiental provocado pela construção da barragem hidroelétrica de Corumbá IV**. Trabalho de Conclusão de Curso, 28 pág. Licenciatura em Biologia. Universidade de Brasília. 2012.
- SAWYER, D.; MESQUITA, B.; COUTINHO, B.; ALMEIDA, F. V.; FIGUEIREDO, I.; ELOY, L. **Perfil do Ecossistema: Hotspot de Biodiversidade do Cerrado**. Brasília/DF. 1º edição. Supernova, 2017.
- SILVA, C. M. O lado árido do Brasil: ciência, recursos hídricos e o debate sobre os solos (in)férteis do cerrado brasileiro, 1892-1942. **História, Ciências, Saúde** – Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 26, n.2, abr.-jun. 2019.
- SILVA, G. M.; MENDES, M. F. Análise da dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra no município de Araguaína/TO. **Revista GeoPantanal**, v. 15 n. 28, 2020.
- SILVA NETO, W. C. **Análise de eficiência técnica da agricultura no estado de Goiás com base no censo agropecuário de 2017**. Trabalho de Conclusão de Curso, 37 pág. Bacharelado em Economia. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2021.
- SILVA, B. R.; PAULA, L. D. L. **Análise temporal das fragilidades ambientais na área de influência direta da usina hidrelétrica corumbá IV, no estado de Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso, 77 pág. Bacharelado em Engenharia Cartográfica e Agrimensura. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Goiânia. 2022.
- SILVA, F. G.; AMORIM, R. R. **Análise metodológica sobre um Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA)**. v. 1 n. 1 : Anais do evento em comemoração aos 20 anos do programa de Pós-Graduação em Geografia (IG-UNICAMP). 2022.
- SILVA, J. A. **Danos ambientais: desmatamento e poluição no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso, 28 p. Bacharelado em Direito. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2022.

SILVA, L. P.; OLIVEIRA, I. J.; GOMES, C. E. A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno–RIDE/DF e sua (Des) Organização Social, Espacial e Econômica. **Ateliê Geográfico**, v. 17, n. 1, p. 169-190, 2023.

SILVA, R. F. C. M. **Análise espaço-temporal do reservatório de Corumbá IV: parâmetros físico-químicos e de uso e cobertura do solo**. Dissertação, 94 pág. Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica. Universidade de Brasília. 2020.

SOUSA, L. F. A.; GIONGO, P. R. Revisão de literatura: uso do geoprocessamento na avaliação da degradação de pastagens. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v.11, n.01, p. 01-16, agosto, 2022.

SOUZA, C. L. F.; OLIVEIRA, R. B.; MUSTAFÉ, D. N.; NUNES, K. A. C.; MORAIS, E. M. B. O Cerrado como o “berço das águas”: potencialidades para a educação geográfica. **Revista Cerrados (Unimontes)**, vol. 17, núm. 1, 2019.

SOUZA, J. C.; MARTINS, P. T. A.; DRUCIANKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018: Soil use and coverage in Cerrado: period overview from 1985 to 2018. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 9(2), 2020.

SOUZA, J. P. S. P. **Centro-Oeste brasileiro: os caminhos da ocupação e do desenvolvimento**. Trabalho de Conclusão de Curso, 37 p. Pós-Graduação em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, Centro Universitário de Brasília, 2017.

SOUZA, L. L. **Diagnóstico da supressão de vegetação nativa para o processo de urbanização em áreas rurais às margens de lagos artificiais com uso de geotecnologias**. Dissertação, 128 p. Mestrado em Qualidade Ambiental. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. 2023.

SOUZA, L. R. A. **Avaliação da influência das características do maciço rochoso de fundação sobre a probabilidade de falha por deslizamento de estruturas de concreto de usinas hidrelétricas**. Curitiba, Dissertação, 179 pág. Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Paraná, UFPR. 2017.

STEVANATO, M.; COLAVITE, A. P.; PAROLIN, M. Proteção das Florestas do Brasil - Contexto histórico e atual da Política Pública Ambiental Brasileira. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 11(02), 2022.

STRAUSSBURG, B. B. N.; BROOKS. T.; FELTRAN-BARBIERI, R. et al Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**. 1:1–3. 2017.

TEIXEIRA, R. S.; FONSECA, V. M. A expansão da fronteira agrícola nos biomas brasileiros: O cerrado como laboratório para os pacotes tecnológicos da “revolução verde”. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.1, p.6416-6435 jan. 2022.

TERRACLASS. **Nota Técnica - TerraClass Cerrado 2020**. Disponível em: https://www.terraclass.gov.br/helpers/terraclass_data4download/docs/Nota%20Tecnica%20TerraClass%20Cerrado%202020%20v2.pdf. Acesso em: 20/03/2023.

TRIGUEIRO, W. R. **Variação espacial dos fatores que direcionam o desmatamento no Cerrado**. Dissertação, 51 p. Universidade Estadual de Goiás. Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado. 2019.

VALENTINI, D. R.; FAVARETTO, A.; GOETTEMS, R. F.; ANDRADE, S. P. **Sistemas de informações geográficas (SIG) aplicados ao planejamento da paisagem: oficinas didáticas.** In: Planejamento e Gestão Territorial e Sustentabilidade. Capítulo 01. 2020.

VAZ, A. M. R.; BALTAZAR, N. C. **O processo de ocupação do território brasileiro: do período colonial à revolução verde.** Anais do IV Simpósio Regional de Geografia da UAEIGEO/UFG/RC, p. 115. 2019.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Expansão da fronteira agrícola no brasil: desafios e perspectivas.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro: Ipea. 2016.

ANEXO I - Classificação dos tipos de cobertura e uso da terra, coleção 8 do MapBiomias

Coleção 08 – Categorias e Classes	ID numérico	Hexa código	Cor
Floresta	1	#32a65e	
Formação Florestal	3	#1f8d49	
Formação Savânica	4	#7dc975	
Mangue	5	#04381d	
Floresta Alagável	6	#026975	
Restinga Arbórea	49	#02d659	
Formação Natural Não Florestal	10	#ad975a	
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	#519799	
Formação Campestre	12	#d6bc74	
Afloramento Rochoso	29	#ffaa5f	
Restinga Herbácea	50	#ad5100	
Outras Formações Não Florestais	13	#d89f5c	
Agropecuária	14	#FFFFB2	
Pastagem	15	#edde8e	
Agricultura	18	#E974ED	
Lavoura Temporária	19	#C27BA0	
Soja	39	#f5b3c8	
Cana	20	#db7093	
Arroz	40	#c71585	
Algodão	62	#ff69b4	
Outras Lavouras Temporárias	41	#f54ca9	
Lavoura Perene	36	#d082de	
Café	46	#d68fe2	
Citrus	47	#9932cc	
Dendê	35	#9065d0	
Outras Lavouras Perenes	48	#e6ccff	
Silvicultura	9	#7a5900	
Mosaico de Usos	21	#ffefc3	
Área Não Vegetada	22	#d4271e	
Área Urbanizada	24	#d4271e	
Mineração	30	#9c0027	
Outras Áreas não vegetadas	25	#db4d4f	
Rio, Lago e Oceano	33	#2532e4	
Aquicultura	31	#091077	
Não Observado	27	#ffffff	

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023)

