

INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA - CAMPUS RIO VERDE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA E
SUSTENTABILIDADE - MESTRADO PROFISSIONAL

**DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MINEIROS-
GO: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS DETECTADAS POR
GEOTECNOLOGIAS**

Autor: Pedro Henrique Martins Goulart

Orientador: Lucas Peres Angelini

RIO VERDE - GO
NOVEMBRO - 2025

PEDRO HENRIQUE MARTINS GOULART

**DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MINEIROS-GO:
IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS DETECTADAS POR GEOTECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde

Orientador: Lucas Peres Angelini

RIO VERDE - GO
NOVEMBRO - 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

G694 Martins Goulart, Pedro Henrique
 DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM
 MINEIROS-GO: IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS
 DETECTADAS POR GEOTECNOLOGIAS / Pedro Henrique
 Martins Goulart. Rio Verde 2025.

57f. il.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Perer Angelini.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0233144 - Mestrado Profissional em Engenharia Aplicada e
Sustentabilidade (Campus Rio Verde).
1. Sensoriamento remoto. 2. Mudanças ambientais. 3.
Temperatura de superfície. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÉNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 72/2025 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPPRV/IFGOIANO

**DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E IMPLICAÇÕES NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE
DETECTADAS POR GEOTECNOLOGIAS NO SUDOESTE GOIANO**

Autor: Pedro Henrique Martins Goulart
Orientador: Prof. Dr. Lucas Peres Angelini

TITULAÇÃO: Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

APROVADO em 19 de novembro de 2025.

Profª. Dra. Natália Sanches e Souza
Avaliadora Externa
Centro Universitário de Várzea Grande
(Univag)

Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Junior
Avaliador Interno
IFGOIANO / Rio Verde

Prof. Dr. Lucas Peres Angelini
Presidente da banca
IFGOIANO / Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 19/11/2025 16:29:51.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 21/11/2025 12:32:38.
- NATALLIA SANCHES E SOUZA, 031.420.061-41 - Usuário Externo, em 21/11/2025 15:49:57.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/11/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 762069

Código de Autenticação: 37145cfa9d





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÉNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 106/2025 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número: 96
Data: 19/11/2025	Hora de início: 14:30h	Hora de encerramento: 18:30h
Matrícula do discente:	2023202331440001	
Nome do discente:	Pedro Henrique Martins Goulart	
Título do trabalho:	DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E IMPLICAÇÕES NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DETECTADAS POR GEOTECNOLOGIAS NO SUDOESTE GOIANO	
Orientador:	Lucas Peres Angelini	
Área de concentração:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Linha de Pesquisa:	Tecnologia e gestão em construção civil e infraestrutura	
Projeto de pesquisa de vinculação	DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E IMPLICAÇÕES NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DETECTADAS POR GEOTECNOLOGIAS NO SUDOESTE GOIANO	
Titulação:	Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Lucas Peres Angelini (Presidente da banca), Profª. Dra. Natália Sanches e Souza (Avaliadora Externa) e Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Junior (Avaliador Interno) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada de forma online, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **PEDRO HENRIQUE MARTINS GOULART**, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Lucas Peres Angelini, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGEAS da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Peres Angelini, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 19/11/2025 16:27:28.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 21/11/2025 12:32:14.
- NATALLIA SANCHES E SOUZA, 031.420.061-41 - Usuário Externo, em 21/11/2025 15:49:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/11/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 762076

Código de Autenticação: c6e33315c0



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem resarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)	Artigo científico
Dissertação (mestrado)	Capítulo de livro
Monografia (especialização)	Livro
TCC (graduação)	Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

/ /

Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha família, em especial minha mãe, cujo amor incondicional e encorajamento constante foram fundamentais para superar os desafios e alcançar este marco em minha vida acadêmica.

Agradeço aos meus orientadores, Lucas e Édio, por sua orientação dedicada, paciência e valiosos insights ao longo de todo o processo. Sua expertise e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e demais profissionais que, de alguma forma, contribuíram para o nosso crescimento acadêmico, transmitindo conhecimentos e inspirando-nos a buscar excelência em nossos estudos.

Por fim, aos amigos e colegas de curso, pela troca de experiências, colaboração e apoio mútuo ao longo desses anos, principalmente a Eduardo Ramos Muniz, Anna Julia Henrique Ribeiro, Francine Maky Ishii e Carla Maria Oliveira Gonzaga. Compartilhamos risos, desafios e conquistas, tornando a jornada acadêmica mais rica e significativa.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE EQUAÇÕES	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	14
1.2 Revisão de literatura	15
1.2.1 Histórico de Goiás	15
1.2.2 Histórico de Mineiros	17
1.2.3 Uso e ocupação do solo	18
1.2.4 Impactos ambientais (temperatura de superfície)	19
1.2.5 Geotecnologias	20
2 OBJETIVOS	21
2.1 Geral	21
2.2 Específicos	21
3 REFERÊNCIAS	21
4 CAPÍTULO I – ARTIGO I	26
RESUMO	27
ABSTRACT	28
4.1 Introdução	29
4.2 Materiais e métodos	30
4.2.1 Aquisição de dados Espaciais	31
4.2.2 Análise de uso e ocupação do solo	33
4.2.3 Relação entre Uso do Solo e Variação da Temperatura de Superfície	35
4.3 Resultados e discussão	36
4.3.1 Uso e ocupação do solo	36
4.3.2 Relação Espaço-Temporal do Uso do Solo com a Temperatura de Superfície	49
4.4 Conclusão	56
4.5 Referências	57
5 CONCLUSÃO GERAL	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Mineiros, Estado de Goiás, Brasil	31
Figura 2 - Uso e ocupação do solo do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023..	37
Figura 3 - Gráfico de ganhos e perdas por área.....	40
Figura 4 – Detalhes de áreas de corpos hídricos em 1994 e 2023.....	46
Figura 5 – Relação de áreas alteradas e inalteradas entre 1994 e 2023.....	48
Figura 6 - Gráfico das temperaturas médias do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Bases de imagens utilizadas	33
Tabela 2 – Matriz Geral de Tabulação Cruzada para Comparação de dois Mapas em dois Momentos Distintos	34
Tabela 3 – Equivalência e agrupamento de classes para análise de temperatura	35
Tabela 4 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 1994 e 2004 em Km ²	38
Tabela 5 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km ² entre 1994 e 2004.....	38
Tabela 6 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 2004 e 2014 em Km ²	41
Tabela 7 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km ² entre 2004 e 2014.....	43
Tabela 8 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 2014 e 2023 em Km ²	43
Tabela 9 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km ² entre 2014 e 2023.....	44
Tabela 10 – Temperatura média do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023	49
Tabela 11 - Relação da temperatura média com as áreas de transição de ocupação do solo...	52

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Transformação de dados de temperatura do satélite Landsat para graus Célsius	20
Equação 2 – Fórmula para estudo de transição do solo em 2 momentos	21

RESUMO

O uso e a ocupação do solo correspondem à forma como o território é utilizado, transformado e organizado pelas atividades humanas. O estudo dessa dinâmica relaciona-se às funções atribuídas às diferentes áreas e às características físicas das intervenções realizadas, que afetam diretamente o balanço de energia na superfície terrestre. As alterações no uso e ocupação do solo reduzem a capacidade de dissipação de calor e aumentam a absorção de radiação solar, resultando na elevação da Temperatura de Superfície. Este trabalho tem como objetivo avaliar a evolução do uso e ocupação do solo no município de Mineiros (GO) nas últimas décadas e analisar seus impactos sobre a temperatura de superfície. Para isso, foram utilizadas imagens do projeto MapBiomas para a delimitação das classes de uso e ocupação e dados das bandas termais dos satélites Landsat, empregados na obtenção das informações de temperatura de superfície. Os resultados demonstram que as políticas governamentais têm influenciado significativamente as transformações da paisagem, estimulando a expansão das atividades agrícolas e pecuárias em detrimento da vegetação nativa. A supressão dessa cobertura natural, aliada à exposição do solo e à intensificação do uso agropecuário, contribui para o aumento expressivo da temperatura de superfície no município.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, Mudanças ambientais, Temperatura de superfície

ABSTRACT

Land use and occupation correspond to how the territory is used, transformed, and organized by human activities. The study of this dynamic relates to the functions assigned to different areas and the physical characteristics of the interventions carried out, which directly affect the energy balance on the Earth's surface. Changes in land use and occupation reduce the capacity for heat dissipation and increase the absorption of solar radiation, resulting in an increase in surface temperature. This work aims to evaluate the evolution of land use and occupation in the municipality of Mineiros (GO) in recent decades and analyze its impacts on surface temperature. For this purpose, images from the MapBiomas project were used to delineate land use and occupation classes, and data from the thermal bands of Landsat satellites were used to obtain surface temperature information. The results demonstrate that government policies have significantly influenced landscape transformations, stimulating the expansion of agricultural and livestock activities at the expense of native vegetation. The suppression of this natural cover, combined with soil exposure and the intensification of agricultural use, contributes to the significant increase in surface temperature in the municipality.

Keywords: Remote sensing, Environmental changes, Surface temperature

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Compreender o uso e cobertura da terra é essencial para analisar as mudanças ambientais, identificar alterações nos ecossistemas e orientar práticas sustentáveis e políticas de intervenção (Barbosa, 2021). As transformações no uso e cobertura do solo influenciam diretamente o balanço de energia na superfície terrestre, modificando a absorção e a reflexão da radiação solar, o que resulta em variações significativas na temperatura da superfície e no microclima local (Zhao *et al*, 2021).

Dessa forma, estudar de forma integrada o uso e ocupação do solo e a temperatura de superfície (LST) é altamente relevante porque essas duas variáveis refletem, de maneira direta, a interação entre as atividades humanas, o funcionamento dos ecossistemas e o clima local. As mudanças no uso do solo, como a substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas, pastagens ou solo exposto, alteram o balanço de energia da superfície, reduzindo a evapotranspiração, modificando o albedo e intensificando o armazenamento de calor. A temperatura de superfície, por sua vez, atua como um indicador sensível dessas transformações, permitindo identificar áreas de maior vulnerabilidade ambiental, degradação do solo e intensificação de processos associados ao aquecimento local.

No contexto de Mineiros (GO), essa abordagem torna-se ainda mais pertinente por se tratar de um município inserido em uma região de forte expansão do agronegócio e de transição ambiental do bioma Cerrado. A análise conjunta do uso do solo e da LST possibilita compreender como a conversão da vegetação nativa em áreas agrícolas e pastagens tem influenciado o aumento das temperaturas superficiais, a redução da disponibilidade hídrica e a fragmentação da paisagem.

Esses resultados podem ser aplicados diretamente no planejamento territorial, auxiliando o poder público na definição de áreas prioritárias para conservação, recuperação de pastagens degradadas e proteção de Áreas de Preservação Permanente (APPs). Além disso, os dados gerados podem subsidiar políticas públicas voltadas à adaptação às mudanças climáticas, ao controle do uso inadequado do solo e à promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

Para a sociedade local, esse tipo de estudo contribui para a melhoria da qualidade ambiental e da qualidade de vida, ao fornecer informações que apoiam decisões relacionadas à gestão dos recursos naturais. Para a comunidade acadêmica, a pesquisa amplia o entendimento sobre as relações entre uso do solo, clima e sustentabilidade em municípios da fronteira agrícola brasileira, fortalecendo o uso do sensoriamento remoto como ferramenta estratégica de monitoramento ambiental.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Histórico de Goiás

O uso e a ocupação do solo no estado de Goiás sofreram profundas transformações ao longo do tempo, acompanhando as dinâmicas econômicas, sociais e ambientais do território. Originalmente caracterizado por extensas áreas de vegetação nativa do bioma Cerrado, o estado passou por ciclos distintos de exploração econômica, que influenciaram diretamente a forma como o solo foi ocupado (Boaventura, 2018). Desde o período colonial, com a busca por metais preciosos e a formação de arraiais, até o desenvolvimento das atividades agropecuárias no século XX, o território goiano tem sido marcado por intensas intervenções humanas (Oliveira, 2022).

A ocupação efetiva de Goiás começou no início do século XVIII, por volta de 1722, com a descoberta de jazidas de ouro na região de Vila Boa (atual cidade de Goiás). A exploração do ouro atraiu bandeirantes paulistas, escravizados africanos e colonos portugueses. (Boaventura, 2018). Com o esgotamento das jazidas de ouro no final do século, a economia goiana passou por estagnação. A ocupação do território passou a depender de atividades agropecuárias de subsistência, com destaque para a criação extensiva de gado com interferência do sul do país e a produção agrícola voltada ao consumo interno. (Oliveira, 2016)

O século XX marca uma nova fase na ocupação territorial goiana, com a construção de Brasília (década de 1950), que valorizou o centro-oeste, a criação de rodovias que facilitando a migração, a ocupação do território e o escoamento de produção e as políticas de colonização agrícola e incentivos federais, como os programas da Sudeco e Proálcool. Com isso, houve uma grande migração de sulistas, mineiros e nordestinos para o interior goiano, garantindo uma forte antropização do território, o surgimento de diversos centros urbanos e o forte avanço da fronteira agrícola, com destaque para a expansão da soja, milho e pecuária. (Sano *et al.*, 2008)

A intensificação do uso do solo em Goiás está diretamente ligada a uma série de políticas públicas implantadas nas últimas décadas, que tiveram como foco a interiorização do desenvolvimento e o fortalecimento do agronegócio (Oliveira, 2016). Na década de 1970, o governo federal lançou o Programa de Integração Nacional (PIN) e o Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (Polamazônia), que, embora focados principalmente na Região Norte, também contribuíram para a ocupação e desenvolvimento do Centro-Oeste, especialmente com a construção de infraestrutura rodoviária, como a BR-364, que passa pelo município de Mineiros (Brasil, 1972; 1974).

Já nas décadas de 1980 e 1990, o estado de Goiás criou os programas Fomentar (1984) e Produzir (2000), com o objetivo de atrair indústrias e modernizar o setor agropecuário por meio de isenções fiscais, financiamentos e facilitação de instalação de grandes empreendimentos agroindustriais (Goiás 1984; 2000).

Durante o século XX, especialmente a partir da década de 1970, a modernização da agricultura e a expansão da fronteira agrícola intensificaram o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por pastagens e monoculturas. A criação de programas de incentivos fiscais, como o PROÁLCOOL e posteriormente, o Fomentar e o Produzir, aliada à construção de infraestrutura e à mecanização agrícola, atraiu investimentos para o estado (Azzi, 2020). Nesse contexto, a pecuária extensiva ganhou destaque, seguida pela expansão da cultura da soja, do milho e mais recentemente, da cana-de-açúcar, consolidando Goiás como um importante polo do agronegócio no Brasil.

Essas políticas resultaram em uma profunda modificação no uso do solo. Dados do projeto MapBiomas mostram que, entre 1985 e 2022, o Cerrado perdeu aproximadamente 29% de sua vegetação nativa, com grande parte dessa conversão ocorrendo para pastagens plantadas e áreas de cultivo agrícola, principalmente soja e milho (MapBiomas, 2023a). No município de Mineiros, especificamente, a expansão da agropecuária intensiva levou à substituição significativa de áreas de formação florestal por áreas agrícolas, afetando diretamente a conservação da biodiversidade e o equilíbrio hidrológico. Ao mesmo tempo, o avanço dessas atividades motivou a necessidade de uma maior regulamentação ambiental. (Sanrural, 2018)

Esse processo de ocupação do solo não ocorreu de maneira homogênea em todo o estado. Regiões como o sudeste goiano, onde se localiza o município de Mineiros, tornaram-se áreas estratégicas de expansão agrícola e pecuária, devido à fertilidade do solo, à disponibilidade hídrica e à proximidade com mercados consumidores. A instalação de grandes

empreendimentos do setor agroindustrial impulsionou o crescimento econômico regional, mas também trouxe desafios relacionados à sustentabilidade ambiental e à gestão dos recursos naturais (Silva, 2023).

Em resposta à crescente pressão sobre os recursos naturais, o estado de Goiás aprovou legislações como a Lei Estadual nº 12.596/1995, que instituiu a Política Florestal do Estado de Goiás, e a Lei nº 18.104/2013, que trata da proteção da vegetação nativa e criou o Cadastro Ambiental Rural (CAR) estadual. Essas normas, alinhadas ao Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), estabeleceram diretrizes para a preservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais. No entanto, sua efetividade tem sido desafiada pela pressão econômica sobre o território, especialmente em municípios com forte vocação agropecuária (Favoretto, Favoretto, Ferreira, 2022).

O resultado dessa interação entre política econômica e ambiental é um cenário de contrastes: de um lado, o desenvolvimento econômico impulsionado por políticas públicas; de outro, o desafio contínuo de garantir a conservação ambiental frente à expansão do uso antrópico do solo. Esse contexto torna essencial a análise do uso e ocupação do solo em Mineiros, especialmente no que se refere ao equilíbrio entre produção e sustentabilidade.

1.2.2 Histórico de Mineiros

A trajetória histórica de uso e ocupação do solo em Mineiros (GO) está fortemente associada à expansão das fronteiras agropecuárias no sudoeste do estado de Goiás, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, quando a pecuária de corte e a produção de grãos passaram a organizar a dinâmica territorial local. Estudos de mapeamento semidetalhado indicam que Mineiros, apesar de possuir relevo favorável e áreas preservadas em unidades de conservação, como no entorno do Parque Nacional das Emas, apresenta predominância de áreas convertidas para agricultura e pastagens, reflexo da ampliação do agronegócio regional e da mecanização agrícola (Braz; Oliveira; Cavalcanti, 2019).

O processo de ocupação também foi investigado em trabalhos que analisaram a expansão da fronteira agrária no estado, destacando que fatores físico-naturais como topografia, tipo de solo e proximidade de rodovias condicionaram a conversão das formações naturais em áreas agrícolas desde os anos 1970 e 1980 (de Albuquerque Prado; Miziara; Ferreira, 2012).

Complementarmente, estudos multitemporais realizados desde a década de 1980 evidenciam que grande parte da vegetação nativa foi substituída por pastagens e lavouras, especialmente soja, milho e algodão, em resposta às demandas do mercado de commodities, o que tem implicações diretas sobre a qualidade dos recursos hídricos e a estabilidade dos solos (Meira et al., 2012). Esses trabalhos inserem Mineiros no contexto mais amplo das transformações do bioma Cerrado, que, ao longo das últimas décadas, vem sofrendo uma intensa pressão antrópica decorrente da expansão agropecuária e da urbanização.

1.2.3 Uso e ocupação do solo

As transformações no uso e ocupação do solo ao longo da história humana representam um dos processos mais impactantes sobre a superfície terrestre, moldando ecossistemas, clima, biodiversidade e ciclos biogeoquímicos. A agricultura, que se originou ainda no período neolítico, com o advento da domesticação de plantas e animais e introduziu as primeiras alterações significativas no uso da terra, substituindo paisagens naturais por áreas cultivadas e influenciando a distribuição de vegetação e habitats em nível regional e global (Meyfroidt et al., 2018).

Estudos paleoecológicos e modelagens amplas indicam que esses padrões de mudança foram intensificados com a Revolução Industrial e, especialmente, com a Revolução Verde a partir da década de 1960, quando a mecanização, fertilização e irrigação em larga escala impulsionaram a expansão agrícola global e o aumento da produção de alimentos para uma população em rápido crescimento, transformando vastas áreas naturais em terras cultivadas e pastagens intensivas (Roy et al., 2007)

Nas últimas décadas, o Brasil passou por profundas transformações no uso e ocupação do solo, marcadas pela expansão acelerada das fronteiras agrícolas e pela intensificação de práticas agropecuárias em grande escala. A participação do país no agronegócio global aumentou substancialmente desde a segunda metade do século XX, impulsionada por políticas públicas, mecanização, desenvolvimento tecnológico e demanda internacional por commodities como soja, milho e carne bovina (Maciel et al., 2020).

No âmbito nacional, dados de monitoramento como análises do Projeto MapBiomass, que integra informações de sensoriamento remoto desde 1985, mostram que a expansão

agrícola e pecuária foi responsável por milhões de hectares de supressão de vegetação natural no Brasil, com crescimento expressivo tanto de pastagens quanto de áreas agrícolas consolidadas ao longo de quatro décadas. Por exemplo, entre 1985 e 2024, a área de pastagens cresceu mais de 68 milhões de hectares e a de agricultura mais de 44 milhões, refletindo uma transformação territorial sem precedentes na história recente do país (MapBiomas, 2025; 2023b).

Esse processo não foi homogêneo, enquanto alguns biomas apresentaram perda mais acentuada de cobertura natural, outros também sofreram fragmentação e degradação do solo, com consequências para a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e os padrões climáticos regionais (Newbold *et al.*, 2015). A intensificação dessas mudanças está intimamente ligada à política agrícola, à integração do Brasil aos mercados globais de commodities e às inovações tecnológicas, mas também levanta desafios consideráveis para a equidade socioambiental e a resiliência frente às mudanças climáticas (Lapola *et al.*, 2014; Newbold *et al.*, 2015).

Pesquisas de acompanhamento temporal do uso da terra no Cerrado brasileiro mostram que, entre as décadas de 1980 e os anos recentes, áreas de vegetação nativa foram progressivamente substituídas por usos antrópicos, resultando em impactos significativos na paisagem, nos ciclos hidrológicos e nos estoques de carbono do solo, questões centrais para a sustentabilidade ambiental e climática da região (Grecchi *et al.*, 2014).

1.2.4 Impactos ambientais (temperatura de superfície)

Os impactos nesse equilíbrio climático podem ser observados a partir da temperatura de superfície terrestre (Land Surface Temperature — LST), obtida por sensoriamento remoto e considerada como a temperatura da “pele” da Terra, isto é, a radiação térmica emitida pela superfície que é detectada pelos sensores de infravermelho termal a bordo de satélites e convertida em mapas contínuos de temperatura espacialmente explícita. (Li *et al.*, 2022)

Diferentemente da temperatura do ar medida por estações meteorológicas (próxima ao nível do solo e normalmente referida como “Ta”), a LST representa a temperatura efetiva da superfície (solo, vegetação, cobertura construída ou água) e pode diferir substancialmente da “Ta” devido a fatores como emissividade superficial, umidade do solo, cobertura vegetal, radiação líquida e a estrutura vertical da atmosfera. (Lian *et al.*, 2017)

Os produtos de LST são gerados a partir de bandas termais (TIR), aplicando-se conversões radiométricas e correções atmosféricas/parametrizações de emissividade para transformar níveis digitais (DN) em radiância e depois em temperatura de brilho e LST efetiva. A LST tem aplicações críticas em estudos de uso e ocupação do solo, ilhas de calor urbanas, evapotranspiração e modelagem de trocas de energia superfície-atmosfera, sendo hoje uma variável central para análises espaciais que relacionam alterações de cobertura terrestre a respostas térmicas do ambiente. (Prata *et al.*, 1995; Li *et al.*, 2022)

1.2.5 Geotecnologias

Historicamente, o estudo do uso e ocupação do solo remonta às primeiras civilizações humanas, quando a necessidade de organizar o espaço para agricultura, habitação e defesa levou ao surgimento de planejamentos territoriais rudimentares. Desde os sistemas de cultivo da Mesopotâmia até os planejamentos urbanos da Roma Antiga, a relação entre sociedade e espaço sempre foi fundamental para o desenvolvimento econômico, social e ambiental (Clark, Altaweel, Gordin, 2022). No entanto, foi a partir da Revolução Industrial, com a intensificação da urbanização e da exploração de recursos naturais, que a análise do uso do solo ganhou maior complexidade, tornando-se um campo científico essencial para o ordenamento territorial. (Rong *et al.*, 2023)

A crescente ocupação desordenada, aliada à expansão das cidades, demandou instrumentos de planejamento e monitoramento territorial, levando ao desenvolvimento de métodos técnicos e científicos para a análise da ocupação do solo, com destaque para a cartografia temática e mais recentemente, as ferramentas de informações geográficas e a geotecnologia. Estas ferramentas permitem observar a superfície terrestre a partir de imagens coletadas por satélites ou drones, facilitando o monitoramento de grandes áreas com precisão e regularidade. (Shorlarin e Awange, 2015).

Em 1963, Roger Tomlinson utilizou dessas ferramentas, a partir do cruzamento de dados de mapas topográficos, mapas de vegetação, solos e geologia, com fotografias aéreas obtidas por aviões, para desenvolver o que seria considerado o primeiro Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o governo do Canadá, com o objetivo de inventariar e analisar os recursos naturais do Canadá. Com isso Tomlinson conseguiu avaliar a aptidão das terras para

agricultura, florestas e uso urbano e deu o início ao conceito de geoprocessamento. (Kilchenmann, 1992; Shorlarin e Awange, 2015)

O Geoprocessamento aplicado ao uso do solo começou a se consolidar na década de 1970 com o lançamento dos primeiros satélites Landsat pela NASA. Desde então, as tecnologias de sensoriamento remoto evoluíram rapidamente, permitindo uma resolução espacial e temporal cada vez maior. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem utilizado imagens de satélite para monitorar desmatamento e urbanização desde a década de 1980, em especial na Amazônia, com o programa PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) (Embrapa, 2020; Inpe 2024).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar o uso e a ocupação do solo do município de Mineiros nas últimas décadas e verificar seus impactos

2.2 Específicos

- Analisar a dinâmica espacial do uso e ocupação do solo no território do município de Mineiros entre os diferentes períodos estudados;
- Identificar os principais fatores antrópicos e ambientais responsáveis pelas transformações observadas na paisagem;
- Examinar a variação da temperatura de superfície em função das mudanças no uso e cobertura do solo.

3 REFERÊNCIAS

ARAUTA, M.; *et al.* Climate-related land use policies in Brazil: How much has been achieved with economic incentives in agriculture? **Land Use Policy**, v. 109, art. 105618, 2021. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105618

AZZI, G. M. O sucesso do Programa Brasileiro do Álcool (Proálcool): uma breve história do etanol no Brasil, década por década. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 40, n. 2, p. 243–248, mar./abr. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/z8TkLPmKtJcVk3gHGvGdn4r/>. Acesso em: 21 de maio 2025.

BARBOSA, F. L. R. Classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens SAR/Sentinel 1 no Distrito Federal, Brasil. **Sociedade e Natureza**. v. 33, 2021. DOI: 10.14393/SN-v33-2021-55954. Acesso em: 19 de maio 2025.

BARBOSA, F. L. R. *et al.* Classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens SAR/Sentinel 1 no Distrito Federal, Brasil. **Sociedade e Natureza**. v. 33, 2021. DOI: 10.14393/SN-v33-2021-55954.

BOAVENTURA, D. M. R.. Do mito ao experimento: a cartografia e a urbanização de Goiás no sec. XVIII. **História Revista**, v. 22, n. 3, p. 87, 20 set. 2018. DOI: 10.5216/hr.v22i3.47568. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/hr.v22i3.47568>

BRASIL. Decreto nº 74.607, de 25 de setembro de 1974. Dispõe sobre a execução do Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste - PROTERRA. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 set. 1974. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74607-25-setembro-1974-423225-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 74.607, de 25 de setembro de 1974. Dispõe sobre a execução do Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste - PROTERRA. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 set. 1974. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74607-25-setembro-1974-423225-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Decreto-Lei nº 1.243, de 30 de outubro de 1972. Eleva a dotação do Programa de Integração Nacional (PIN), criado pelo Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970, altera o Decreto-Lei nº 1.164, de 1º de abril de 1971, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 out. 1972. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del1243.htm. Acesso em: 21 maio 2025.

BRASIL. Decreto-Lei nº 1.243, de 30 de outubro de 1972. Eleva a dotação do Programa de Integração Nacional (PIN), criado pelo Decreto-Lei nº 1.106, de 16 de junho de 1970, altera o Decreto-Lei nº 1.164, de 1º de abril de 1971, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 31 out. 1972. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del1243.htm. Acesso em: 21 maio 2025.

BRAZ, A. M. *et. al.* Mapeamento do uso e cobertura da terra no município de Mineiros (GO): uma representação a partir das fitofisionomias do Cerrado. **AMBIÊNCIA**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 675-694, maio 2021. ISSN 2175-9405. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambienca/article/view/5917>>. Acesso em: 09 set. 2025.

CLARK, S.; ALTAWEEL, M.; GORDIN, S. Urbanscape, land use change and centralization in the region of Uruk, southern Mesopotamia from the 2nd to 1st Millennium BCE. **Land**, v. 11, n. 11, p. 1955, 2022. DOI: 10.3390/land11111955. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land11111955> Acesso em: 12 de outubro 2025.

EMBRAPA Territorial. **Landsat**. Satélites de Monitoramento – Portal Embrapa, atualização em set. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 21 maio 2025.

FAVORETTO, J. B.; FAVORETTO, N. B.; FERREIRA, M. E. O código florestal e a sua flexibilização em áreas de preservação: o caso da região metropolitana de Goiânia, Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 340–351, 2022. DOI: 10.14393/RCG238960625. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60625>. Acesso em: 31 maio 2025.

FAVORETTO, J. B.; FAVORETTO, N. B.; FERREIRA, M. E. O código florestal e a sua flexibilização em áreas de preservação: O caso da região metropolitana de Goiânia, Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 340–351, 2022. DOI: 10.14393/RCG238960625. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/60625>. Acesso em: 31 maio 2025.

GOIÁS. **Lei nº 13.591, de 18 de janeiro de 2000**. Institui o programa de desenvolvimento industrial de Goiás - Produzir e o fundo de desenvolvimento de atividades industriais - Funproduzir e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado de Goiás: Goiânia, GO, 2000. Acesso em: 21 de maio 2025.

GOIÁS. **Lei nº 9.489, de 19 de julho de 1984**. Cria o Fundo de Participação e Fomento à Industrialização do Estado de Goiás - FOMENTAR. Assembleia Legislativa do Estado de Goiás: Goiânia, GO, 1984. Acesso em: 21 de maio 2025.

GRECCHI, R. C. *et al.* Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion. **Applied Geography**, v. 55, p. 300–312, 2014. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.09.014

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Prodes – Monitoramento anual da supressão de vegetação nativa**. Divisão de Processamento de Imagens – DPI/OBT, atualização em 8 maio 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 21 de maio 2025.

KILCHENMANN, A. *GIS: Vergangenheit — Gegenwart — Zukunft*. In: SCHENK, A. (org.). **Geographische Informationssysteme**. Berlin; Heidelberg: Springer, 1992. p. 1–12. DOI: 10.1007/978-3-642-77143-9_1. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-77143-9_1. Acesso em: 1 nov. 2025.

LAPOLA, D. M. *et al.* *Pervasive transition of the Brazilian land-use system*. **Nature Climate Change**, London, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2014. DOI: 10.1038/nclimate2056. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate2056>. Acesso em: 22 jun. 2025

LI, Z.-L. *et al.* Satellite remote sensing of global land surface temperature: Definition, methods, products, and applications. **Reviews of Geophysics**, v. 61, e2022RG000777, 2023. DOI: 10.1029/2022RG000777. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2022RG000777>. Acesso em: 03 de junho 2025.

LIAN, X. *et al.* Spatiotemporal variations in the difference between satellite-observed daily maximum land surface temperature and station-based daily maximum near-surface air temperature. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 122, n. 4, p. 2254-2268, 2017. DOI:10.1002/2016JD025366. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2016JD025366>. Acesso em: 03 de junho 2025.

MACIEL, A. M.; *et al.* Identifying Land Use Change Trajectories in Brazil's Agricultural Frontier. **Land**, v. 9, n. 12, p. 506, 2020. DOI: 10.3390/land9120506.

MAPBIOMAS [rede colaborativa]. Perda de vegetação nativa no Brasil acelerou na última década. 31 ago. 2023a. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/08/31/perda-de-vegetacao-nativa-no-brasil-acelerou-na-ultima-decada/>. Acesso em: 22 jun. 2025

MAPBIOMAS BRASIL. Agricultural land in Brazil has grown by 50% in the last 38 years. Brasília, 06 out. 2023b. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/en/2023/10/06/area-de-agropecuaria-no-brasil-cresceu-50-nos-ultimos-38-anos/>. Acesso em: 21 dez 2025

MAPBIOMAS BRASIL. Four decades of land cover and use transformation in Brazil reveal challenges and opportunities. Brasília, 13 ago. 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/en/2025/08/13/brasil-quatro-decadas-de-transformacao-na-cobertura-e-uso-da-terra-revelam-desafios-e-oportunidades/>. Acesso em: 21 dez 2025

MEIRA, J. C. R. *et al.* Estudo multitemporal do uso e ocupação do solo no município de Mineiros e possíveis impactos ambientais. **Águas Subterrâneas**, 2012. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27726>

MEYFROIDT, P. *et al.* Middle-range theories of land system change. **Global Environmental Change**, v. 53, p. 52–67, 2018. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2018.08.006.

NEWBOLD, T. *et al.* Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, n. 7545, p. 45-50, 2015. DOI: 10.1038/nature14324.

OLIVEIRA, Érika Munique de. *Gênese, povoamento e formação do urbano no Oeste Goiano*. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 39, n. 1, 2022. DOI: 10.51359/2238-6211.2022.251616. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/251616>. Acesso em: 25 jun. 2025

OLIVEIRA, H. A. de. 1804 – A população de Goiás na transição da mineração para a pecuária. **História Revista**, Goiânia, v. 21, n. 1, p. 154-187, 2016. DOI: 10.5216/hr.v21i1.33600. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/historia/article/view/33600>

PRADO, L. A. P. *et. al.* EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA E MUDANÇAS NO USO DO SOLO NA REGIÃO SUL DE GOIÁS: AÇÃO ANTRÓPICA E CARACTERÍSTICAS NATURAIS DO ESPAÇO - DOI 10.5216/bgg.v32i1.18962. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 151–165, 2012. DOI: 10.5216/bgg.v32i1.18962. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/18962>. Acesso em: 09 set. 2025

PRATA, A. J. *et al.* Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: current status and future prospects. **Remote Sensing Reviews**, v. 12, n. 3-4, p. 175-224, 1995. DOI: 10.1080/02757259509532285. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02757259509532285>. Acesso em: 03 de junho 2025

RONG, C. *et al.* A comprehensive review of land use and land cover change research: methods, drivers and future directions. **Land**, v. 12, n. 8, p. 1573, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land12081573>

SANO, E. E. *et al.* Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153–156, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/d849WYR63MFQSN9wVx7ZtYn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 maio 2025.

SANRURAL — UFG. Diagnóstico dos municípios: Mineiros (GO). **SanRural / Universidade Federal de Goiás**, 2018. Disponível em: https://sanrural.ufg.br/wp-content/uploads/2018/04/DTM-Mineiros_ISBN.pdf. Acesso em: 6 nov. 2025.

SEN ROY, S. *et al.* Impacts of the agricultural Green Revolution-induced land use changes on air temperatures in India. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 112, D21108, 2007. DOI: 10.1029/2007JD008834

SHOLARIN, E. A.; AWANGE, J. L. Geographical Information System (GIS). In: SHOLARIN, E. A.; AWANGE, J. L. (org.). **Environmental Science and Engineering**. Cham: Springer, 2015. p. 239–248. DOI: 10.1007/978-3-319-27651-9_12. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27651-9_12. Acesso em: 1 nov. 2025.

SILVA, J. S. A Formação dos Complexos Agroindustriais no Sudoeste de Goiás. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 21, n. 59, p. e12736, 2023. DOI: 10.21527/2237-6453.2023.59.12736. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/12736>. Acesso em: 31 maio. 2025.

ZHAO, Fang; LAN, Xincan; LI, Wuyang; ZHU, Wenbo; LI, Tianqi. *Influence of Land Use Change on the Surface Albedo and Climate Change in the Qinling-Daba Mountains. Sustainability*, Basel, v. 13, n. 18, Art. 10153, 2021. DOI: 10.3390/su131810153. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/18/10153>. Acesso em: 25 jun. 2025.

4 CAPÍTULO I – ARTIGO I

**MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE
MINEIROS NAS ÚLTIMAS TRÊS DÉCADAS (1994 A 2023)**

RESUMO

Este trabalho analisou as transformações no uso e ocupação do solo e seus efeitos na temperatura no município de Mineiros-GO, com base em séries temporais de 1994, 2004, 2014 e 2023 disponibilizadas pelo projeto MapBiomas e dados de temperatura dos satélites Landsat 5 e 8. A metodologia adotada consistiu na classificação e comparação dos dados de cobertura e uso da terra, permitindo identificar as principais mudanças ocorridas ao longo de quase três décadas. A análise, evidenciou transformações impulsionadas pela expansão do agronegócio, com destaque para a consolidação da pecuária e o avanço da agricultura mecanizada, especialmente da soja. Essa dinâmica resultou em supressão da vegetação nativa e redução de cerca de 80% da área de corpos hídricos, refletindo a fragilidade da gestão ambiental e o predomínio do desenvolvimento econômico sobre a sustentabilidade. A análise da Temperatura de Superfície, revelou tendência generalizada de aquecimento em todas as classes de uso, com valores máximos em 2023, indicando a influência combinada das mudanças climáticas e das alterações no uso do solo. As áreas de vegetação e corpos d'água apresentaram as menores temperaturas, enquanto solos expostos e pastagens degradadas atingiram os maiores picos térmicos, chegando a 37,8 °C. As transições que envolveram degradação ambiental intensificaram o calor, ao passo que a recuperação da vegetação promoveu resfriamento significativo.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Temperatura superficial, Transição de solo

ABSTRACT

This study analyzed land use and land cover changes and their effects on temperature in the municipality of Mineiros-GO, based on time series from 1994, 2004, 2014, and 2023 provided by the MapBiomass project and temperature data from Landsat 5 and 8 satellites. The methodology adopted consisted of classifying and comparing land cover and land use data, allowing the identification of the main changes that occurred over almost three decades. The analysis revealed transformations driven by the expansion of agribusiness, with emphasis on the consolidation of livestock farming and the advancement of mechanized agriculture, especially soybean cultivation. This dynamic resulted in the suppression of native vegetation and a reduction of approximately 80% in the area of water bodies, reflecting the fragility of environmental management and the predominance of economic development over sustainability. Analysis of surface temperature revealed a widespread warming trend across all land use classes, with peak values in 2023, indicating the combined influence of climate change and land-use changes. Vegetation areas and water bodies showed the lowest temperatures, while exposed soils and degraded pastures reached the highest thermal peaks, reaching 37.8 °C. Transitions involving environmental degradation intensified the heat, while vegetation recovery promoted significant cooling.

Keywords: Sustainability, Surface temperature, Soil transition

4.1 Introdução

O estudo do uso e ocupação do solo constitui um dos principais temas de interesse nas ciências geográficas, ambientais e urbanísticas, sendo fundamental para a compreensão das dinâmicas territoriais, dos impactos ambientais e da organização do espaço. O conceito de uso e ocupação do solo remete às formas como o ser humano se apropria, transforma e organiza o espaço terrestre para diferentes finalidades, como agricultura, pecuária, urbanização, conservação ambiental, entre outros. (Akà *et al.*, 2023)

No Brasil, a ocupação do solo sofreu transformações profundas ao longo das décadas, o processo de ocupação se intensificou de forma significativa com a interiorização das fronteiras agrícolas e o avanço das atividades agropecuárias, especialmente a partir da década de 1970 (Maciel *et al.*, 2020). Nas áreas urbanas, a concentração populacional sem planejamento adequado provocou a expansão de zonas periféricas, degradação ambiental e pressão sobre áreas de proteção permanente (APPs). Já em áreas rurais, o uso intensivo do solo para monoculturas e a supressão de vegetação nativa resultaram em desequilíbrios ecológicos e perda de biodiversidade (Fearnside, 2001; Maricato, 2011)

Diante desse cenário, diversos projetos e programas governamentais e institucionais têm buscado monitorar e orientar o uso do solo. Destacam-se iniciativas como o PRODES, o Terra Class, o Map Biomas e o projeto Radambrasil, que têm contribuído significativamente para o levantamento e a análise de dados sobre cobertura vegetal e uso da terra em escala nacional. Tais iniciativas utilizam sensoriamento remoto e imagens de satélite para oferecer diagnósticos atualizados que subsidiem políticas públicas ambientais e de ordenamento territorial (Embrapa, 2020; Inpe 2024; Mapbiomas, 2025; SGB – CPRM, 2004)

Além dos projetos de uso e ocupação do solo, o tema tem sido amplamente discutido na literatura científica. Pesquisas recentes abordam desde os impactos da urbanização desordenada até os efeitos das mudanças no uso do solo sobre clima local em especial na temperatura. A temperatura da superfície terrestre constitui um dos principais indicadores das alterações ambientais provocadas pela ação antrópica, sendo fortemente influenciada pelas variações de uso e cobertura do solo. (Santos *et al.*, 2023)

A substituição de áreas naturais por superfícies urbanas, agrícolas ou de pastagem tende a modificar o balanço de energia local, deixando as áreas mais sensíveis a absorção e retenção de calor. Esse processo está diretamente relacionado ao fenômeno das ilhas de calor superficiais, nas quais a temperatura é significativamente mais elevada em áreas modificadas

quando comparadas às regiões de vegetação natural. A configuração do uso do solo exerce influência direta sobre a dinâmica térmica regional, evidenciando que a conservação de áreas vegetadas desempenha papel essencial na regulação térmica e no equilíbrio climático de bacias hidrográficas. (Santos *et al*, 2023)

Na atualidade, o uso e ocupação do solo abrange uma diversidade de funções, como expansão urbana, atividades agropecuárias, preservação de ecossistemas e infraestrutura, frequentemente em conflito devido à limitação de recursos e à pressão antrópica. Com o avanço de tecnologias como sensoriamento remoto e geoprocessamento, o monitoramento e o planejamento do uso do solo tornaram-se mais precisos, permitindo melhor gestão dos territórios frente a desafios como mudanças climáticas, segurança alimentar e crescimento populacional. (Santos *et al*, 2025)

A realização deste estudo justifica-se pela necessidade de compreender, de forma integrada, os efeitos das transformações no uso e ocupação do solo sobre o ambiente e o clima local em municípios inseridos em regiões de forte expansão agropecuária, como Mineiros (GO). Ao associar a análise multitemporal do uso do solo à variação da temperatura de superfície, a pesquisa oferece subsídios concretos para identificar áreas mais vulneráveis ao aquecimento e à degradação ambiental, contribuindo diretamente para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade

Dessa forma, o objetivo deste estudo consiste em analisar, sob uma perspectiva espaço-temporal, a dinâmica do uso e ocupação do solo no município de Mineiros (GO), identificando e quantificando as principais transformações espaciais ocorridas no território ao longo dos períodos analisados. Busca-se, ainda, compreender como essas mudanças no uso do solo se consolidaram ao longo do tempo e avaliar seus impactos sobre a temperatura de superfície, considerando diferentes anos de análise, de modo a evidenciar as relações entre a modificação da paisagem, os processos antrópicos e a dinâmica térmica da superfície terrestre.

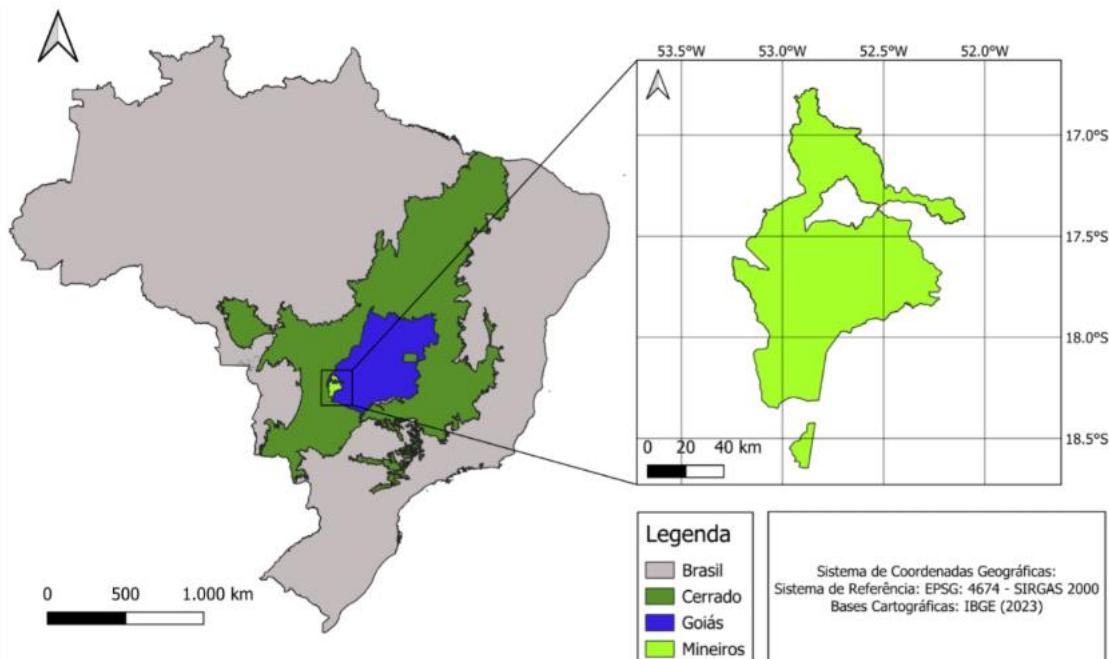
4.2 Materiais e métodos

O município de Mineiros, localizado no sudoeste Goiano, em meio ao Cerrado, também denominado como Savana Brasileira (figura 1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua área territorial é de 9.042,844 km². A população estimada em 2022 era de 70.081 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de aproximadamente 7,75 habitantes por km² (IBGE, 2025).

Mineiros está estrategicamente posicionado na região do Alto Araguaia, entre as bacias Amazônica e do Prata. O município situa-se em uma das maiores altitudes do estado, variando entre 700 e 1.100 metros, sendo que sua sede está situada a uma altitude de 770 metros. O solo do município é predominantemente o latossolo, cobrindo aproximadamente 42,08% da área total. Há também a ocorrência de neossolo (27,80%) e argissolo (21,48%) (Santos; Oliveira, 2022, Embrapa, 2025).

A área do município possui uma peculiaridade. Mineiros é o único município do país que possui um enclave e um exclave. Ou seja, Mineiros é a única fronteira física do município de Portelândia e ao mesmo tempo tem uma porção de seu território fragmentada da área principal do município, separada pelo município de Costa Rica (MS).

Figura 1 - Localização do Município de Mineiros, Estado de Goiás, Brasil



Fonte: Autor (2025)

4.2.1 Aquisição de dados Espaciais

Para a realização do presente estudo, foi utilizada a plataforma MapBiomas (<http://mapbiomas.org/>) onde foram selecionadas as imagens da coleção 8 do projeto, utilizando imagens de 4 marcos temporais distintos (1994, 2004, 2014 e 2023), obtidas através da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) refinadas para a área de estudo, no formato *Tagged Image File Format* (TIFF), com resolução espacial de 30 m. Não foi possível obter os dados do ano de 2024 devido a indisponibilidade das informações no período de aquisição dos dados para execução da pesquisa.

O processamento dos dados pelo MapBiomas envolve etapas de correção atmosférica, composição temporal de imagens e validação por amostras de referência, assegurando a consistência dos resultados ao longo da série histórica. O produto consiste em mapas anuais e dados estatísticos que permitem analisar a dinâmica das transformações territoriais e identificar transições entre classes de uso do solo. As classes podem possuir subclasses detalhadas, permitindo análises específicas.

Os dados obtidos por meio da plataforma, passam por uma avaliação da qualidade do mapeamento realizado, em que a análise da acurácia é a principal forma de avaliação. Dessa forma, conforme dados obtidos na plataforma, a acurácia global das imagens utilizadas, referente a coleção 8, lançada em 2022 é de 85,8% (Mapbiomas, 2025).

Foram utilizados também 8 imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, sensores TM e OLI/TIRS, obtidas junto ao *United States Geological Survey – USGS* (2000). Em específico, foram utilizados os dados das bandas termais de ambos os satélites, já reamostradas para resolução espacial de 30 metros (USGS, 2019). Essas imagens possuem resolução radiométrica de 8 a 12 bits, revisita de 16 dias e abrangem o espectro termal infravermelho (10,4–12,5 μm), possibilitando a estimativa da temperatura de superfície terrestre (*Land Surface Temperature – LST*).

As imagens passaram por processamento digital para correção atmosférica e radiométrica, seguido da conversão dos valores de *digital number* (DN) para radiância espectral, e posteriormente para temperatura de brilho e temperatura de superfície, conforme metodologias propostas pelo USGS (2019). Essa etapa garantiu a comparabilidade entre as diferentes datas e sensores, possibilitando a análise temporal das variações de temperatura associadas às mudanças no uso e ocupação do solo.

Os produtos *Level-2* (nível 2) dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, disponibilizados pelo *United States Geological Survey (USGS)*, correspondem a dados corrigidos atmosféricamente e prontos para análise quantitativa. Esses produtos incluem as reflectâncias de superfície (*Surface Reflectance – SR*) e, no caso das bandas termais, as temperaturas de brilho corrigidas (*Surface Temperature – ST*). O processo de geração dos produtos *Level-2* envolve a aplicação de modelos de correção atmosférica física, como o LaSRC (*Land Surface Reflectance Code*) para as bandas ópticas e o STARS (*Surface Temperature Algorithm for Landsat Reflective Surface*) para as bandas termais, que consideram parâmetros como pressão atmosférica, vapor d'água e concentração de aerossóis (USGS, 2019).

Todas as imagens obtidas foram de datas próximas, com um marco no dia 25 de julho, data que possui um clima estável, com presença de poucas nuvens, para priorizar a uniformidade das informações e minimizar divergências que podem ocorrer. Devido a extensão do município de Mineiros, foi necessário realizar um mosaico com 2 imagens antes de realizar o tratamento para se obter a temperatura em graus célsius.

Tabela 1 – Bases de imagens utilizadas

Ano	Satélite	Data da imagem	Path	Row	Banda
1994	Landsat 5	30/07/1994	224	072, 073	6
2004	Landsat 5	25/07/2004	224	072, 073	6
2014	Landsat 8	21/07/2014	224	072, 073	10
2024	Landsat 8	30/07/2023	224	072, 073	10

Fonte: Autor (2025)

Os obtidos na plataforma Earth Explorer via GEE vem em formato de número inteiros denominados *digital numbers* (DN), dessa forma, para uso dos dados na escala física Kelvin ou Celsius é necessário realizar a conversão dos dados utilizando a equação 1:

$$\text{TIRS1x Multiplicador de escala} + 149 \quad \text{Eq 1}$$

Onde:

TIRS1: Banda Termal

Multiplicador de escala: 0,00341802 (para ambos os satélites)

Os dados obtidos são gerados em Kelvin (K), razão pela qual se fez necessária a conversão para graus Celsius (°C). Essa conversão foi realizada por meio da subtração do valor constante de 273,15 da escala Kelvin, garantindo a interpretação adequada dos resultados no contexto da análise ambiental.

4.2.2 Análise de uso e ocupação do solo

A partir dos dados de uso e cobertura do solo obtidos da plataforma Mapbiomas (imagens raster), foi realizado processamento através do software R (versão 2024-06-14 ucrt) com a interface do software RStudio (versão 2024.4.2+764 - Chocolate Cosmos), utilizando pacotes e técnicas de geoprocessamento para filtrar e organizar dados estatísticos realizando a comparação de 2 anos distintos (ex. 1994-2004) da amostra por vez. Como produto deste processamento foi obtido uma Matriz de tabulação cruzada, uma tabela consistente de áreas de

ganho, perda e mudanças. Também foi utilizado o Qgis (versão 3.40.5 - Bratislava) para montar a apresentação das imagens e área de estudo.

A Matriz de Tabulação Cruzada proposta por Pontius Jr. *et al.* (2004) foi utilizada para proporcionar uma análise detalhada da evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra na área de interesse ao longo das últimas três décadas, conforme apresentado na tabela 2. Essa matriz visa avaliar o quantitativo de áreas que permanecem constantes ou se mantêm em cada período, assim como as transformações ocorridas.

A referida matriz é estruturada com as categorias do primeiro momento dispostas nas linhas e as categorias do segundo momento nas colunas. As persistências, que representam as áreas que não sofreram alteração, ficam localizadas na diagonal descendente da matriz. Dessa forma, é possível quantificar os ganhos e as perdas de cada classe de uso e cobertura.

Tabela 2 – Matriz Geral de Tabulação Cruzada para Comparação de dois Mapas em dois Momentos Distintos

		Tempo 2				Total Tempo 1	Perda
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4		
	Classe 1	C11	C12	C13	C14	T1	T1-C11
	Classe 2	C21	C22	C23	C24	T2	T2-C22
Tempo 1	Classe 3	C31	C32	C33	C34	T3	T3-C33
	Classe 4	C41	C42	C43	C44	T4	T4-C44
Total Tempo 2		S1	S2	S3	S4	1	
Ganho		S1-C11	S2-C22	S3-C33	S4-C44		

Fonte: Autor (2025). Adaptado de Pontius Jr., Shusas e McEachern (2004)

Com o objetivo de analisar de forma mais detalhada as transformações no uso da terra e na cobertura vegetal ao longo dos anos avaliados, a partir da matriz de transição foi disponibilizada uma segunda tabela com os dados de ganho, perda, mudança total, troca e mudança líquida. A perda de uma categoria é obtida pela soma dos valores de cada linha, descontando-se sua persistência, enquanto o ganho é calculado pela soma dos valores em cada coluna, subtraindo-se também a persistência correspondente.

Esses cálculos permitem uma compreensão mais precisa das dinâmicas espaciais e temporais das classes de uso da terra, possibilitando a identificação de tendências, ganhos e perdas nas diferentes categorias de cobertura vegetal ao longo do período estudado.

Para se avaliar a mudança do uso do solo entre diferentes anos, foi aplicado a equação 2 recomendada pelo Mapbiomas para avaliar mudanças no uso do solo:

$$\text{Código de transição} = (\text{classe_ano1} \times 100) + \text{classe_ano2} \quad \text{Eq. 2}$$

Esta equação codifica para cada pixel de um mapa estudado com a mudança de classe entre dois anos. Desse modo, cada valor resultante indica a classe original e a classe subsequente daquele pixel, como exemplo o código, 315 significa que o pixel esteve em floresta no ano 1 (código 3) e passou a pastagem (código 15) no ano 2. Em outro exemplo o código 3939 significa que em ambos os anos estudados o pixel representava a plantação de soja. (código 39). Essa abordagem permite quantificar e espacializar as conversões de uso da terra ao longo do período de estudo.

4.2.3 Relação entre Uso do Solo e Variação da Temperatura de Superfície

A partir dos dados de uso e ocupação do solo foi realizado uma análise da temperatura da superfície média em cada classe de solo. Para este foram criados 100 pontos aleatórios para cada classe de uso de solo do ano em análise, onde foram extraídos dados de temperatura da superfície de cada um dos pontos a partir das bandas termais dos satélites Landsat 5 e 8. Posteriormente, foi realizado a amostragem das áreas modificadas e áreas não modificadas. Nesse caso, foram criados 25 pontos aleatórios por cada classe de mudança e permanência (ex. 303; 304; 1515).

O tratamento de dados se deu pela média de transição de cada ponto obtido, que foram organizados de forma a agrupar as classes de solos próximas e que apresentam morfologias parecidas para facilitar a amostragem, apresentando os dados de forma mais didática e sucinta. A tabela 3 explicita a simplificação de classes que foram realizadas:

Tabela 3 – Equivalência e agrupamento de classes para análise de temperatura

Código MapBiomas	Classificação MapBiomas	Classificação Simplificada
33	Corpos Hídricos	Água
11	Área Pantanosa	Vegetação natural
3	Formação florestal	Vegetação natural
4	Formação Savânica	Vegetação natural
12	Formação Campestre	Vegetação natural

15	Pastagem	Pastagem
25	Outras áreas não vegetadas	Não vegetada
21	Mosaico de Usos	Agricultura
41	Outras lavouras temporárias	Agricultura
39	Soja	Agricultura
9	Silvicultura	Agricultura
62	Algodão	Agricultura
20	Cana	Agricultura
24	Área urbana	Urbana

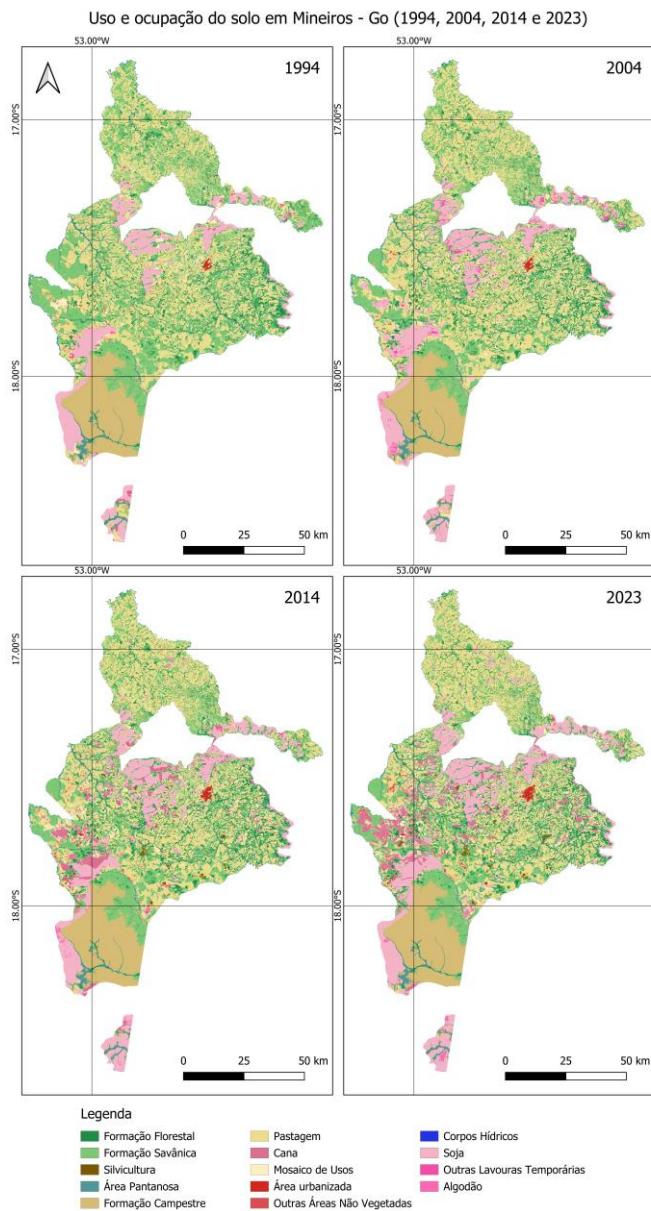
Fonte: Autor (2025)

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Uso e ocupação do solo

A análise dos mapas de uso e ocupação do solo do MapBiomas, ao longo dos períodos de 1994, 2004, 2014 e 2023, revela uma dinâmica intensa na paisagem do município de Mineiros, refletindo tanto a evolução das atividades agropecuárias quanto os impactos das políticas públicas implementadas nas últimas décadas.

Figura 2 - Uso e ocupação do solo do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) a partir de imagens classificadas pelo Map Biomas (2025).

No ano de 1994, o município de Mineiros-GO apresentava uma paisagem marcada pelo predomínio de áreas destinadas à pastagem, que ocupavam cerca de 31,91% de seu território. A vegetação nativa ainda estava significativamente presente, com destaque para as formações savânticas, que correspondiam a 31,80%, seguidas pelas formações campestres (10,51%) e florestais (7,78%). A atividade agrícola, embora já presente, representava uma porção menor da ocupação territorial, com a cultura da soja abrangendo 8,82% da área total. Esses dados indicam que, à época, o município ainda mantinha uma expressiva cobertura vegetal natural, embora os sinais da intensificação agropecuária já se fizessem presentes, sobretudo pelo avanço das áreas de pastagem e o início da consolidação da agricultura mecanizada.

A Tabela 4, mostra a transição do uso do solo de 1994 para 2004, onde o primeiro detalhe que se pode observar é a aparição de culturas de algodão (62) que não era listado no mapa de 1994 (Figura 2). Outro grande impacto que se observa é a perda de áreas de pastagens e de área de cerrado (formação savânica) proporcional ao aumento das atividades agrícolas, como cana, soja, algodão e demais lavouras temporárias. A área de cerrado perdeu mais 958 Km² de extensão, o que equivale a 33,53% de sua área. Desde 1994, observa-se uma tendência de expansão das áreas destinadas à agricultura e à pecuária, o que se correlaciona com o fortalecimento do agronegócio na região e a atração de investimentos decorrentes dos programas estaduais voltados ao desenvolvimento, como o Fomentar.

Tabela 4 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 1994 e 2004 em Km²

		2004													
		33	3	11	4	21	15	12	25	41	39	9	24	62	
	33	7,51	2,95	4,58	1,41	0,13	0,20	0,01	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	3	0,49	612,50	5,98	24,31	15,85	48,61	0,10	0,18	0,97	1,67	2,78	0,04	0,00	
	11	0,46	8,99	263,59	9,63	1,55	1,96	3,05	0,24	0,02	0,14	0,01	0,00	0,00	
	4	0,26	195,03	31,49	1923,82	75,63	604,58	10,50	4,34	2,28	33,63	0,93	0,10	0,00	
	21	0,10	16,71	1,29	50,90	92,67	143,85	1,20	1,49	15,21	81,53	0,18	0,14	0,27	
	15	0,11	6,44	2,59	134,60	146,08	2384,76	7,87	12,72	13,29	178,48	0,23	2,20	1,89	
1994	12	0,01	0,10	4,76	6,98	4,64	13,61	916,42	1,80	0,41	4,48	0,02	0,00	0,00	
	25	0,02	0,26	0,16	2,69	3,04	24,07	2,05	14,07	0,34	3,44	0,00	0,01	0,00	
	41	0,00	0,10	0,01	0,22	0,39	2,11	0,01	0,01	14,97	24,18	0,00	0,05	0,03	
	39	0,00	0,33	0,03	0,64	1,96	5,84	0,08	0,12	61,28	724,35	0,02	0,03	10,15	
	9	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,19	0,00	0,00	
	24	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,16	0,00	
	62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Legenda: 33 - Corpos Hídricos, 3 - Formação florestal, 11 - Área Pantanosa, 4 - Formação Savânica, 21 - Mosaico de Usos, 15 - Pastagem, 12 - Formação Campestre, 25 - Outras áreas não vegetadas, 41 - Outras lavouras temporárias, 39 - Soja, 9 - Silvicultura, 24 - Área urbana, 62 - Algodão.

Tabela 5 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km² entre 1994 e 2004

Classe	Nome	Ganho Km ²	Perda Km ²
33	Corpos Hídricos	1,44	9,54
3	Formação florestal	230,94	100,99
11	Área Pantanosa	50,89	26,06
4	Formação Savânica	231,38	958,77
21	Mosaico de Usos	249,29	312,85

15	Pastagem	844,87	506,50
12	Formação Campestre	24,88	36,79
25	Outras áreas não vegetadas	21,14	36,08
41	Outras lavouras temporárias	93,80	27,10
39	Soja	327,57	80,48
9	Silvicultura	4,17	0,10
24	Área urbana	2,57	0,03
62	Algodão	12,34	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 3 - Gráfico de ganhos e perdas por área



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Legenda: 33 - Corpos Hídricos, 3 - Formação florestal, 11 - Área Pantanosa, 4 - Formação Savânica, 21 - Mosaico de Usos, 15 - Pastagem, 12 - Formação Campestre, 25 - Outras áreas

não vegetadas, 41 - Outras lavouras temporárias, 39 - Soja, 9 - Silvicultura, 24 - Área urbana, 62 - Algodão.

Em 2004, a dinâmica do uso do solo em Mineiros-GO já apresentava sinais mais evidentes da intensificação das atividades agropecuárias. As áreas destinadas à pastagem aumentaram para 35,64%, reforçando o papel central da pecuária extensiva na economia local. Por outro lado, observou-se uma redução significativa na cobertura de formações savânicas, que passaram a ocupar 23,78% do território, indicando uma substituição gradativa da vegetação nativa por áreas produtivas. A cultura da soja expandiu sua participação, ocupando 11,61% da área, reflexo do avanço da agricultura mecanizada e dos incentivos à produção de grãos. Em contrapartida, as formações campestres permaneceram relativamente estáveis (10,39%), enquanto as formações florestais apresentaram um leve aumento, passando para 9,31%, o que pode estar relacionado à regeneração natural em áreas menos exploradas ou à delimitação de áreas de preservação. Esses dados reforçam a tendência de transformação do uso do solo em direção à intensificação produtiva.

Também foi possível identificar a presença mais forte da cana de açúcar no mapa de culturas que casa com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e expansão do Proálcool. Apesar do Proálcool ser mais antigo (lançado em 1975), foi no início dos anos 2000 que o governo federal retomou e fortaleceu políticas de incentivo aos biocombustíveis, com destaque para a criação do PNPB em 2004 e o estímulo à mistura obrigatória de etanol à gasolina. Isso aumentou significativamente a demanda por cana-de-açúcar, incentivando sua expansão para além do estado de São Paulo, alcançando regiões como o sudoeste de Goiás.

Tabela 6 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 2004 e 2014 em Km²

2014															
	33	3	11	4	21	15	25	12	39	41	9	62	24	20	
33	4,17	1,54	2,36	0,52	0,11	0,11	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	0,27	781,04	8,08	16,48	12,80	21,02	0,28	0,05	1,57	0,84	0,48	0,00	0,18	0,35	
11	0,11	15,31	277,48	12,69	1,50	2,86	0,24	4,00	0,24	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	
				1775,2											
4	0,20	92,37	21,93	7	46,56	194,39	2,40	5,04	6,45	1,95	3,61	0,00	0,09	4,92	
21	0,03	13,23	5,62	35,31	111,00	80,01	2,16	1,60	57,34	17,95	2,33	0,00	0,81	14,57	
					2563,6										
15	0,13	10,16	7,35	169,59	225,44	9	25,09	8,38	86,43	39,29	32,52	0,00	4,01	57,54	
25	0,06	0,26	0,60	1,41	1,25	13,14	15,21	1,74	0,51	0,13	0,33	0,00	0,07	0,52	
12	0,00	0,15	3,33	5,91	1,34	10,20	1,69	912,23	6,03	0,11	0,30	0,00	0,00	0,00	
2004	39	0,00	0,39	0,16	2,86	15,33	23,95	0,67	0,20	816,69	39,15	2,98	12,25	0,78	136,51

41	0,00	1,05	0,01	0,21	0,83	2,16	0,07	0,03	84,94	10,32	0,27	0,16	0,00	8,70
9	0,00	2,66	0,01	0,06	0,06	0,72	0,00	0,00	0,01	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00
62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	9,86	0,01	0,00	1,73	0,00	0,72
24	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,70	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Legenda: 33 - Corpos Hídricos, 3 - Formação florestal, 11 - Área Pantanosa, 4 - Formação Savânica, 21 - Mosaico de Usos, 15 - Pastagem, 12 - Formação Campestre, 25 - Outras áreas não vegetadas, 41 - Outras lavouras temporárias, 39 - Soja, 9 - Silvicultura, 24 - Área urbana, 62 - Algodão.

Em 2014, manteve-se a predominância das áreas de pastagem, que representavam 32,14% do território, demonstrando a continuidade da pecuária como uma das principais atividades econômicas locais. Observa-se, no entanto, uma leve retração em comparação com o ano de 2004, sinalizando possíveis substituições de uso da terra. A cobertura de formações savânicas continuou em queda, passando para 22,29%, enquanto as formações florestais cresceram discretamente, atingindo 10,13%,

Esse pequeno aumento indica que processos de regeneração natural, conservação ambiental e reflorestamento começaram a surgir efeitos. Em 2013, o estado de Goiás sancionou a Lei nº 18.104/2013, que instituiu uma nova Política Florestal. Essa legislação estabeleceu diretrizes para a proteção da vegetação nativa e promoveu ações de conservação e recuperação ambiental. Entre seus objetivos, destacam-se a conservação das áreas de preservação permanente e de reserva legal e a recuperação de áreas degradadas. (Goiás,2013)

Antes disso os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs), que são instrumentos exigidos durante o processo de licenciamento ambiental para atividades que resultam em degradação do solo, foram implantados em Goiás. A implementação desses planos foi intensificada a partir de 2010, com o objetivo de restaurar áreas afetadas por atividades agropecuárias e industriais. A aplicação dos PRADs contribuiu significativamente para a regeneração de formações florestais, abrangendo também Mineiros. (Couto, 2013)

A cultura da soja, por sua vez, permaneceu em crescimento, ocupando 11,81% da área do município, refletindo o avanço da agricultura mecanizada e das cadeias produtivas associadas. As formações campestres apresentaram uma leve estabilidade, com 10,30% de cobertura

Tabela 7 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km² entre 2004 e 2014.

Tabela 7 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km² entre 2004 e 2014

Classe	Nome	Ganho Km ²	Perda Km ²
33	Corpos Hídricos	0,82	4,78
3	Formação florestal	137,14	62,40
11	Área Pantanosa	49,44	36,99
4	Formação Savânicas	245,03	379,93
21	Mosaico de Usos	305,25	230,97
15	Pastagem	348,58	665,94
25	Outras áreas não vegetadas	32,73	20,00
12	Formação Campestre	21,07	29,07
39	Soja	253,38	235,22
41	Outras lavouras temporárias	99,44	98,45
9	Silvicultura	42,83	3,53
62	Algodão	12,41	10,62
24	Área urbana	5,96	0,03
20	Cana	223,83	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em 2023, a pastagem ainda representava a principal classe de uso do solo no município de Mineiros, cobrindo 29,32% da área total, mas evidenciando um leve declínio em relação a anos anteriores. A cultura da soja seguiu sua trajetória de crescimento, atingindo 13,74%, o que confirma sua consolidação como atividade agrícola predominante na região. As formações savânicas, por sua vez, continuaram a sofrer redução, ocupando apenas 20,28%, reflexo direto da substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias. As formações campestres apresentaram estabilidade relativa, mantendo 10,47%, enquanto as formações florestais recuaram levemente para 9,98%, o que pode indicar dificuldades na manutenção dos processos de regeneração observados anteriormente.

Tabela 8 – Matriz de transição de solo para o município de Mineiros entre 2014 e 2023 em Km²

2023														
33	11	3	4	15	25	21	12	41	39	9	20	62	24	
33 2,42	1,08	0,79	0,47	0,07	0,06	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
11 0,26	298,11	9,58	9,15	3,90	0,23	2,63	2,69	0,00	0,21	0,03	0,11	0,00	0,02	
3 0,25	15,32	816,48	27,12	27,22	0,40	23,03	0,11	0,57	4,95	2,33	0,27	0,00	0,12	
4 0,19	34,03	58,00	1636,33	199,20	1,74	52,26	5,14	0,90	11,79	1,07	19,63	0,00	0,04	
15 0,02	15,04	8,61	125,20	2254,27	35,45	232,10	23,63	13,86	93,79	5,05	103,45	0,01	1,79	
25 0,11	0,63	0,25	2,11	13,26	23,69	3,31	2,26	0,05	1,58	0,05	0,62	0,00	0,03	
2014 21 0,05	4,06	9,42	27,11	119,94	3,37	143,94	1,61	3,30	20,90	3,31	78,39	0,00	0,84	

12	0,00	2,80	0,11	5,51	6,87	1,42	2,44	912,83	0,05	1,11	0,01	0,14	0,00	0,00
41	0,00	0,05	0,41	1,88	16,56	1,03	6,14	0,18	8,71	52,79	1,14	20,75	0,00	0,11
39	0,00	0,06	0,36	0,73	5,30	0,34	2,75	0,08	29,43	986,73	0,10	33,08	11,01	0,11
9	0,00	0,17	0,43	0,47	3,79	0,07	0,80	0,02	0,03	0,29	37,23	0,35	0,00	0,00
20	0,00	0,02	0,06	1,51	6,54	1,04	9,43	0,17	4,02	59,01	0,01	142,01	0,00	0,01
62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,14	0,00	0,00	2,00	0,00
24	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,60

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Legenda: 33 - Corpos Hídricos, 3 - Formação florestal, 11 - Área Pantanosa, 4 - Formação Savânica, 21 - Mosaico de Usos, 15 - Pastagem, 12 - Formação Campestre, 25 - Outras áreas não vegetadas, 41 - Outras lavouras temporárias, 39 - Soja, 9 - Silvicultura, 24 - Área urbana, 62 - Algodão.

Tabela 9 - Ganhos e Perdas de cada classe em Km² entre 2014 e 2023

Classe	Nome	Ganho Km ²	Perda Km ²
33	Corpos Hídricos	0,88	2,57
11	Área Pantanosa	73,27	28,81
3	Formação florestal	88,02	101,70
4	Formação Savânica	201,26	383,98
15	Pastagem	402,68	658,01
25	Outras áreas não vegetadas	45,16	24,26
21	Mosaico de Usos	334,98	272,30
12	Formação Campestre	35,90	20,46
41	Outras lavouras temporárias	52,22	101,05
39	Soja	258,56	83,35
9	Silvicultura	13,10	6,43
20	Cana	256,81	81,82
62	Algodão	11,02	12,14
24	Área urbana	3,08	0,06

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O município possui condições naturais altamente favoráveis à atividade agrícola, destacando-se pela predominância de solos do tipo Latossolo Vermelho, conhecidos por sua boa profundidade, alta porosidade e capacidade de retenção de água, e baixa propensão a erodibilidade, características que favorecem o cultivo de grãos (Severiano *et al.*, 2013).

Além disso, o relevo suavemente ondulado da região facilita o uso de máquinas agrícolas e reduz os riscos de erosão quando manejado adequadamente. Essa combinação entre solos férteis e relevo apropriado, aliada à disponibilidade de recursos hídricos e à adoção de

tecnologias modernas pelo setor agropecuário local, explica a expressiva produtividade agrícola de Mineiros e sua posição de destaque no cenário estadual e nacional do agronegócio.

Giongo *et al.* (2019) Traz uma análise de dados georreferenciados no sudoeste Goiano, no qual é analisado o uso do solo por diferentes assentamentos rurais advindos de reforma agrária. Assim como esperado, as principais atividades desenvolvidas são baseadas nos monocultivos de soja, milho e sorgo, sendo que somente uma pequena parte é baseada na pecuária.

Trindade, Faria e Castro (2018) analisam a dinâmica do uso da terra no estado de Goiás, entre 1985 e 2017 e mostra que, nas primeiras décadas, houve uma intensa conversão de vegetação nativa em áreas de pastagem, seguida pela expansão de cultivos anuais e cana-de-açúcar nessas áreas. Desde 2008, observou-se uma redução nas taxas de desmatamento e certa regeneração de vegetação nativa.

Silva (2023) mostra como a modernização agrícola mudou a cara do sudoeste do estado. Os processos de modernização levaram à instalação de grandes complexos agroindustriais, associados ao período após os anos 1970, com uma maior consolidação a partir dos anos 2000, de modo a acompanhar a expansão da fronteira agrícola e a crescente internacionalização do agronegócio.

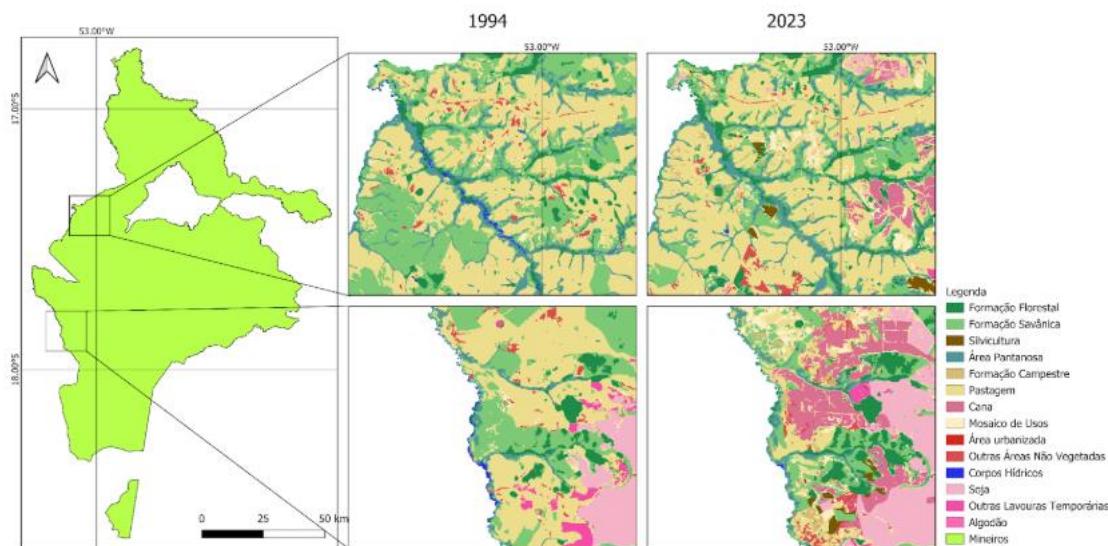
O trabalho ainda destaca que a instalação dos complexos de grãos, carne e sucroenergético ocorreu sobretudo em terras planas com grande potencial produtivo, especialmente para soja e milho, o que facilitou uma maior extensão de áreas destinadas à monocultura e à agroindústria. Essa mudança promoveu a especialização territorial, consolidando a região como produtora agrícola de grande escala. Além disso, causou o aumento da valorização das terras devido à expansão da agroindústria, reforçando uma tendência de concentração fundiária e de territorialização do capital agrário, o que impacta diretamente na ocupação do solo (Silva, 2023).

O município apresenta também um crescimento expressivo de sua área urbana e antropizada nas últimas décadas, impulsionado principalmente pela expansão do agronegócio, pela melhoria da infraestrutura viária e pelas políticas de incentivo ao desenvolvimento industrial e habitacional mencionadas anteriormente. Em 1994, apenas 0,13% do território municipal era considerado antropizado, valor que dobrou até 2023, alcançando 0,26%.

Esse aumento reflete a intensificação das transformações no uso do solo, com a formação de novos núcleos urbanos, ampliação de áreas residenciais e comerciais, implantação de indústrias, além da construção e ampliação de rodovias estaduais e federais que cortam o município. A ocupação territorial tem se dado de forma fragmentada e em alguns casos, sem o devido planejamento ambiental, pressionando áreas naturais e zonas de preservação. Esse cenário exige atenção do poder público que considere a sustentabilidade e os limites ecológicos do território.

Outro dado relevante a ser analisado é a proporção de corpos hídricos presentes na superfície. Em 1994, foi possível observar uma cobertura de 0,19% da área do município, que pode parecer pouco, mas Mineiros é o berço de diversos rios e bacias que cortam o país. Em 2023 esse número caiu para 0,04% da área da superfície. Uma redução drástica de quase 80% da área, que abre o alerta sobre como a mudança do uso do solo, com enfoque nas atividades agrícola e de pastagem estão interferindo nos recursos hídricos e na eficiência das políticas públicas de preservação.

Figura 4 – Detalhes de áreas de corpos hídricos em 1994 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) a partir de imagens classificadas pelo Map Biomas (2025).

O novo Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651/2012, estabelece as diretrizes para a proteção da vegetação nativa no território nacional, incluindo normas específicas para Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais. As APPs, por definição legal, são áreas protegidas, com ou sem cobertura vegetal, localizadas em regiões sensíveis como margens de corpos hídricos, encostas e topo de morros, com a função de

preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade e garantir o bem-estar da população.

Entretanto, essa conservação ambiental enfrenta sérios desafios diante da expansão da agricultura e da pecuária, especialmente em regiões de elevado potencial produtivo como é o caso do município de Mineiros. A pressão por novas áreas para cultivo e pastagem frequentemente resulta em desmatamentos ilegais, degradação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e comprometimento de nascentes e corpos hídricos. Essa dinâmica evidencia o conflito entre a proteção dos recursos naturais e os interesses econômicos do agronegócio, revelando a necessidade de mecanismos mais eficazes de fiscalização, além de incentivos à produção sustentável que compatibilize desenvolvimento e conservação.

A legislação impõe limites claros à supressão de vegetação nativa nessas áreas, ainda que admita exceções para atividades consolidadas e situações de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, entretanto a crescente quantidade de atividades surgindo simultaneamente faz com que o serviço de fiscalização seja insuficiente, demandando uma forma diferente de se gerir os recursos naturais.

No âmbito municipal, o município de Mineiros-GO dispõe da Lei Complementar nº 31/2008, que institui o Plano Diretor Democrático, instrumento de ordenamento territorial voltado à promoção do desenvolvimento urbano sustentável. Embora a referida legislação não trate especificamente da proteção de APPs ou da vegetação nativa, ela estabelece diretrizes fundamentais para o uso e ocupação do solo, a definição de zonas urbanas e rurais, e critérios para o parcelamento e uso do solo.

O Plano Diretor possui uma premissa interessante, mas sua efetividade é questionada por diversos órgãos públicos e privados que alegam um descaso no cumprimento de suas obrigações, tanto na zona rural, quanto na zona urbana. Uma controvérsia que confirma esse posicionamento gira em torno do processo de canalização do córrego Mineiros, um dos principais corpos hídricos do município que nasce dentro da área urbana e que vem sofrendo intervenções pela própria administração municipal, sem os devidos respaldos ambientais.

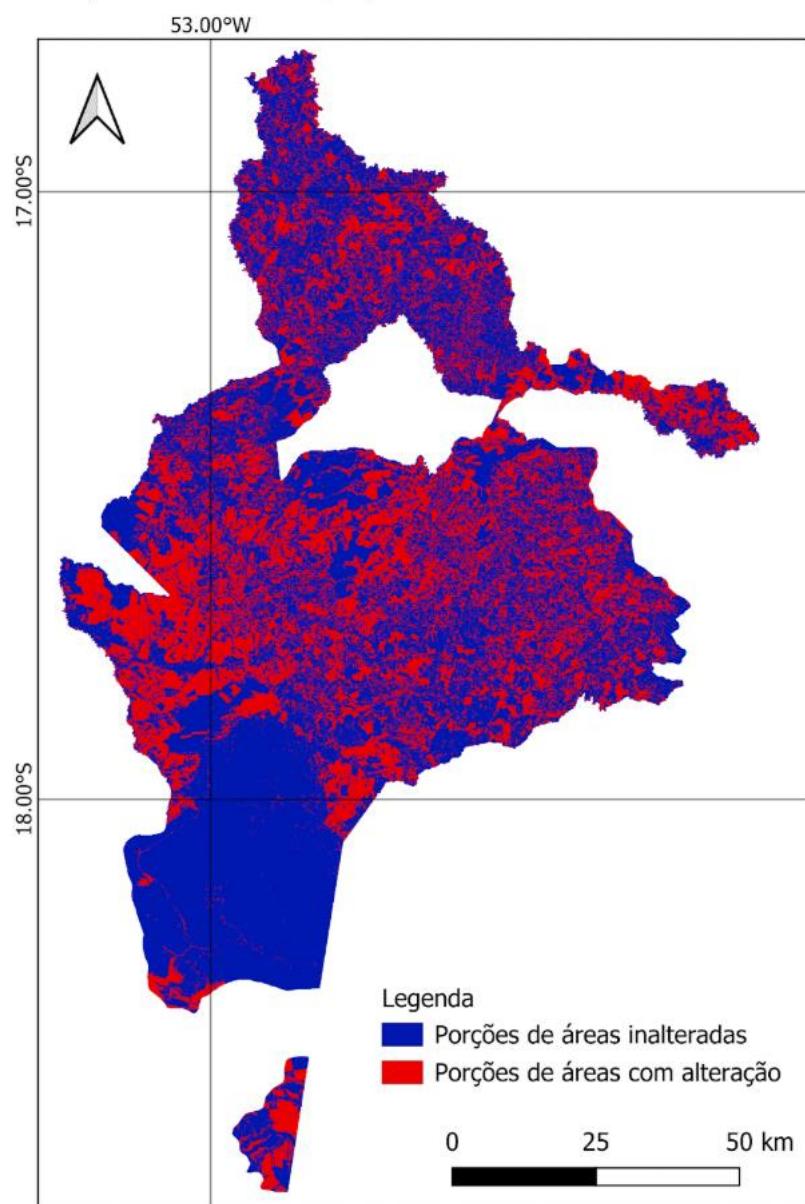
Ainda assim o município apresenta uma área de conservação extremamente efetiva. O Parque Nacional das Emas, localizado em parte no município de Mineiros (GO), é uma unidade de conservação federal de proteção integral, gerida pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). O parque abrange diversas nascentes e cursos d'água, estando

inserido em um dos maiores chapadões do Cerrado, com afloramentos do Aquífero Guarani. Por isso, funciona como um importante reservatório hídrico e contribui diretamente para a proteção de APPs, conforme definido pelo Código Florestal.

Como pode se verificar na figura 9, a parte inferior do mapa do município é onde está localizado o Parque das Emas e é justamente a parte que possui a maior preservação no quesito do uso do solo. No total, desde o ano de 1994 até 2023 cerca de 3.213,83 Km² de solo sofreram alteração em seu uso, o que equivale a 35,46% de sua extensão.

Figura 5 – Relação de áreas alteradas e inalteradas entre 1994 e 2023

Mudança do uso e ocupação do solo entre 1994 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) a partir de imagens classificadas pelo Map Biomas (2025).

4.3.2 Relação Espaço-Temporal do Uso do Solo com a Temperatura de Superfície

Com base na mesma classificação de uso e ocupação do solo, foi realizado uma análise temporal da temperatura de superfície no município utilizando as mesmas datas e critérios. Como esperado, esta análise revela uma tendência inequívoca de aquecimento da paisagem, independentemente da classe de uso e cobertura do solo de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 – Temperatura média do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023

Classes	1994	2004	2014	2023
Formação Florestal	24,70	22,68	26,78	30,18
Formação Savânica	27,03	25,09	28,98	32,62
Silvicultura	24,87	22,09	27,29	30,58
Área Pantanosa	25,26	23,82	28,17	30,39
Formação Campestre	27,67	23,95	29,97	32,06
Pastagem	30,06	27,75	33,27	36,03
Cana			30,02	
Mosaico de Usos	28,88	26,85	30,58	34,05
Área urbana	29,98	26,53	32,11	34,95
Outras áreas não vegetadas	29,09	28,28	33,53	35,67
Corpos Hídricos	23,32	22,92	27,21	30,22
Soja	31,03	26,09	32,11	32,69
Outras lavouras temporárias	28,73	26,48	32,13	34,04
Algodão		22,10	29,84	31,54

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Os valores mostram uma tendência clara de aumento contínuo da temperatura média de superfície em todas as classes de uso e cobertura do solo ao longo do período analisado. Entre 1994 e 2004 houve uma leve redução das temperaturas, associada a variações climáticas regionais. No entanto, a partir de 2004, a temperatura cresce de forma acentuada e praticamente contínua até 2023.

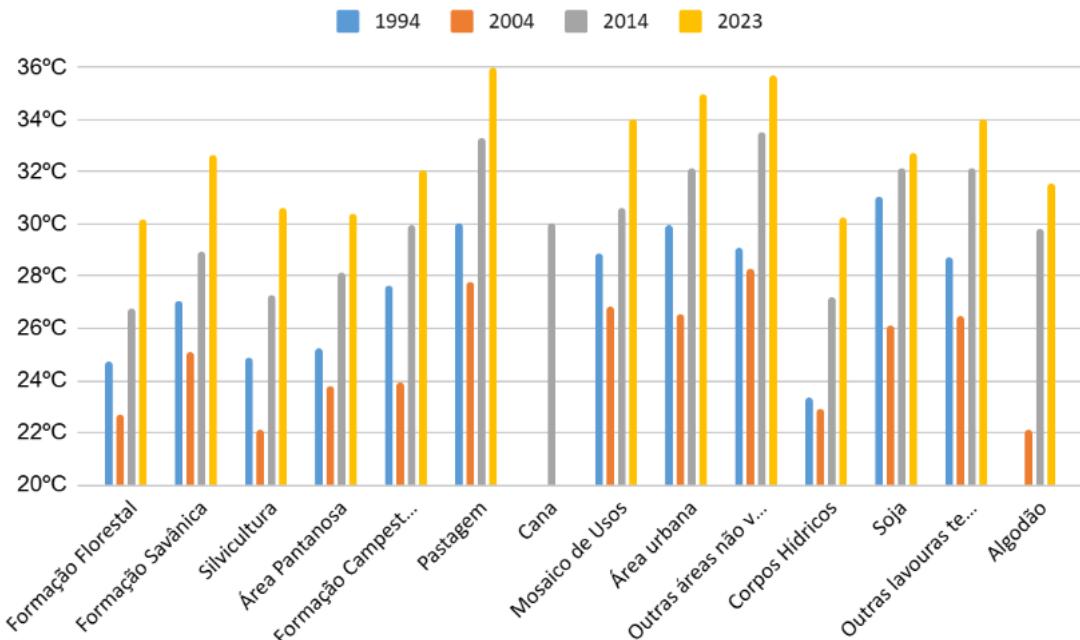
O decréscimo de temperatura observado no ano de 2004 é explicado por uma frente fria que atingiu a região na data de amostragem. Conforme mencionado na metodologia, os dados de temperatura foram adquiridos por imagens de satélite, com uma data base de 25 de julho de cada ano. Período este que apresenta um clima seco e estável, sem a presença de nuvens, com precipitação praticamente nula, porém no meio do inverno do hemisfério sul.

Em pesquisas ao site do INMET e CEMADEM não foi possível encontrar informações específicas sobre o município de Mineiros, mas a partir da análise de dados históricos, do monitoramento de temperaturas registradas, foi possível encontrar indícios que o sudoeste goiano teve uma passagem de uma massa de ar polar (frente fria) no mês de julho de 2004. (Instituto Nacional De Meteorologia, 2025; CEMADEM, 2025)

As maiores elevações absolutas ocorreram nas classes antrópicas, com destaque para Pastagem (de 30,06 °C em 1994 para 36,03 °C em 2023), Áreas não vegetadas (de 29,09 °C para 35,67 °C) e Áreas Urbanas (de 29,98 °C para 34,95 °C). Esse comportamento indica o papel direto da antropização, substituição de vegetação nativa por pastos, lavouras, infraestrutura e zonas urbanas, na intensificação do aquecimento superficial.

Por outro lado, as classes naturalmente vegetadas e úmidas, como Formações Florestais (24,70 °C para 30,18 °C) e Corpos Hídricos (23,32 °C para 30,22 °C), apresentaram aumento mais moderado, mantendo-se entre as menores médias. Isso reflete o papel dessas áreas na regulação microclimática, graças à maior cobertura vegetal e à presença de umidade, que favorecem processos de evapotranspiração e dissipação de calor.

Figura 6 - Gráfico das temperaturas médias do município de Mineiros em 1994, 2004, 2014 e 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

As classes de agricultura apresentam uma dinâmica interessante se analisarmos algumas Correlações. A temperatura de uma lavoura é impactada principalmente por três fatores termofísicos Cobertura do Solo (Dossel): A porcentagem de área sombreada pela planta, Albedo (Reflectância): A cor da superfície (solo ou dossel) e Evapotranspiração (Umidade): A água evaporada pela planta e pelo solo. (Chen *et al.*, 2024)

As Lavouras Temporárias apresentaram uma temperatura mais elevada em relação as demais culturas agrícolas que pode ser relacionado com o fato de esta classe frequentemente agrupar culturas diversas ou áreas de preparo para o plantio. Com isso há uma maior exposição do solo ainda mais com seu auge do período seco (julho), muitas lavouras temporárias estão colhidas, em pousio ou sendo preparadas. A ausência de um dossel denso ou de cobertura vegetal expõe o solo nu. (Chen *et al.*, 2024)

O solo exposto (especialmente se for mais escuro e seco) tem um albedo mais baixo (absorve mais calor) e nenhuma evapotranspiração para resfriar a superfície. Isso resulta em uma maior conversão da energia solar em calor sensível (LST), tornando-a a classe agrícola mais quente. (Chen, *et al.*, 2024; Feldman, *et al.*, 2022)

A soja apresenta uma temperatura média em uma faixa intermediária por ser uma planta com porte mais baixo. Se no momento da coleta (julho), a cultura for uma segunda safra ou

estiver em rotação, é provável que a imagem tenha capturado o solo entre as linhas de plantio ou a palhada, que está mais próxima da superfície. Mesmo havendo algum resíduo cultural (palhada do milho ou da própria soja), o inverno seco da região faz com que o solo e a palhada sequem rapidamente. A falta de umidade reduz drasticamente a evapotranspiração, levando a um aumento da LST. (Ahmed; Ali; Ahmed, 2024)

Por fim o Algodão se apresentou como “mais fresco” que as demais culturas, o que pode ser explicado pelo efeito do Albedo, sendo a característica visual do algodão, especialmente quando a colheita está em curso ou logo após, é o fruto branco e aberto (capulhos de algodão). O branco tem um albedo muito alto, ou seja, reflete a maior parte da luz solar de volta para a atmosfera, absorvendo muito menos energia. Como resultado, essa alta refletância da superfície coberta por algodão maduro ou recém-colhido (com restos de capulhos) tende a manter a LST mais baixa do que superfícies escuras (solo nu ou pastagem seca). (Starr *et al.*, 2020)

Ainda assim percebemos que as áreas de agricultura ainda possuem uma média de temperatura próxima uma das outras, devido ao fato de todas possuírem a mesma função e condições de utilização do solo. Dessa forma ao se agrupar todas as culturas, assim como agrupando as áreas com vegetação natural e que possuem característica próximas, é possível realizar uma tratativa de dados de forma diferente.

A tabela 11 traz uma comparação da temperatura com a transição da classe do solo agrupadas de acordo com suas características (Ex: Cana, Soja, Algodão, Silvicultura, Mosaico de Usos e Outras Lavouras Temporárias estão representadas somente como Agricultura) no espaço de tempo estudado, assim como foi realizado com a transição do solo.

Tabela 11 - Relação da temperatura média com as áreas de transição de ocupação do solo

Ano A	Ano B	1994-2004	2004-2014	2014-2023
Vegetação natural	Vegetação natural	23,86	28,63	31,03
Vegetação natural	Agricultura	25,49	29,51	33,23
Vegetação natural	Água	23,16	28,57	31,13
Vegetação natural	Pastagem	26,77	32,18	34,90
Vegetação natural	Não vegetado	26,50	32,27	35,32
Vegetação natural	Urbana	24,86	30,56	0,00
Agricultura	Vegetação natural	24,09	29,08	31,27
Agricultura	Agricultura	25,26	30,67	33,32
Agricultura	Água	24,92	30,47	32,02

Agricultura	Pastagem	26,88	31,97	36,14
Agricultura	Não vegetado	25,61	31,64	36,14
Agricultura	Urbana	26,56	32,31	0,00
Água	Vegetação natural	23,42	28,39	32,59
Água	Agricultura	24,96	28,87	33,87
Água	Água	23,57	28,87	30,41
Água	Pastagem	25,52	31,96	35,20
Água	Não vegetado	25,14	28,66	32,79
Água	Urbana	0,00	0,00	0,00
Pastagem	Vegetação natural	25,57	29,80	31,95
Pastagem	Agricultura	26,79	31,08	35,49
Pastagem	Água	26,01	28,69	31,59
Pastagem	Pastagem	27,51	33,87	36,94
Pastagem	Não vegetado	29,32	34,55	37,80
Pastagem	Urbana	26,99	32,93	0,00
Não vegetado	Vegetação natural	24,78	29,48	32,17
Não vegetado	Agricultura	28,64	31,92	33,85
Não vegetado	Água	25,73	30,03	33,42
Não vegetado	Pastagem	28,30	33,77	36,59
Não vegetado	Não vegetado	26,98	33,32	34,90
Não vegetado	Urbana	25,32	31,62	0,00
Urbana	Vegetação natural	24,40	0,00	0,00
Urbana	Agricultura	26,28	31,47	0,00
Urbana	Água	0,00	26,99	0,00
Urbana	Pastagem	25,02	31,37	0,00
Urbana	Não vegetado	24,59	0,00	0,00
Urbana	Urbana	26,70	32,04	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Assim como discutido anteriormente, observa-se que as menores temperaturas médias estão associadas às áreas de vegetação natural e aos corpos d'água, enquanto as maiores temperaturas correspondem às áreas agrícolas, pastagens e não vegetadas, sobretudo nas transições mais recentes. Nos três períodos analisados (1994–2004, 2004–2014 e 2014–2023), nota-se uma tendência geral de elevação da temperatura média da superfície em praticamente todas as classes de uso do solo.

As áreas que permaneceram com vegetação natural apresentaram um aumento de 23,86 °C para 31,03 °C, refletindo o aquecimento regional, mas mantendo-se como as zonas mais amenas do território. Em contraste, as áreas que passaram de vegetação natural para agricultura, pastagem ou solo não vegetado exibiram elevações mais intensas, chegando a médias de até 35,32 °C em 2023. Essa diferença evidencia que a substituição da cobertura vegetal por usos antrópicos acarreta redução da evapotranspiração e aumento da absorção e retenção de calor na superfície.

As transições relacionadas à expansão urbana e de áreas não vegetadas também se destacam. As classes vegetação natural para urbana e agricultura para urbana apresentaram aumento das temperaturas médias até o segundo período (atingindo cerca de 32 °C). Ainda assim, as superfícies urbanizadas figuram entre as mais quentes do conjunto, demonstrando o efeito de ilha de calor característico desses ambientes.

Em contrapartida, as áreas que permaneceram com cobertura vegetal ou aquáticas mostraram-se fundamentais para o equilíbrio térmico local, mantendo temperaturas mais baixas e atuando como zonas de resfriamento. As transições no sentido inverso, como agricultura para vegetação natural e pastagem para vegetação natural, apresentaram médias inferiores às das classes predominantemente antrópicas, indicando uma tendência de mitigação térmica associada à recuperação ambiental.

Observa-se que, entre 1994 e 2023, todas as classes apresentaram tendência de elevação das temperaturas médias, coerente com o aquecimento geral da região e com o avanço de processos de antropização no entorno das áreas estudadas. Entretanto, a intensidade desse aumento varia conforme as características físicas de cada classe.

As áreas que permaneceram com vegetação natural exibiram as menores temperaturas médias dentre todas as categorias, variando de 23,86 °C no primeiro período para 31,03 °C no último. Essa condição reflete o papel da vegetação na regulação térmica da superfície, por meio do sombreamento e da evapotranspiração, que promovem o resfriamento local. Apesar do aumento observado, esse comportamento confirma que as superfícies vegetadas funcionam como importantes zonas de amortecimento térmico, atenuando o aquecimento regional.

Nas áreas destinadas à agricultura, as temperaturas médias passaram de 25,26 °C (1994–2004) para 33,32 °C (2014–2023), evidenciando um aumento acentuado. Essa elevação está associada à exposição do solo durante o preparo agrícola, à baixa cobertura vegetal em determinados períodos do ciclo produtivo e à redução da umidade do solo, fatores que

favorecem o acúmulo de calor. Mesmo mantendo o tipo de uso, as práticas agrícolas intensivas implicam maior variação térmica sazonal e contribuíram para o aumento da temperatura média da superfície. (Kaiser *et al.*, 2022)

As áreas classificadas como pastagem mantiveram as maiores temperaturas médias entre as classes estáveis, evoluindo de 27,51 °C para 36,94 °C ao longo dos três períodos. Essa condição se explica pela cobertura vegetal rala e pouco densa, típica de pastagens degradadas, que oferece menor sombreamento e reduz a evapotranspiração. Além disso, a compactação do solo pelo pisoteio do gado diminui a infiltração de água, ampliando o aquecimento da superfície.

A classe não vegetada, que inclui solos expostos, áreas de mineração, obras e superfícies desprovidas de cobertura natural, apresentou também valores elevados, variando de 26,98 °C para 34,90 °C. Essa categoria está entre as mais suscetíveis ao aquecimento, pois a ausência de vegetação e de umidade superficial intensifica a absorção da radiação solar e o armazenamento de calor no solo.

Por outro lado, as áreas de corpos d'água mantiveram temperaturas médias significativamente mais baixas (de 23,57 °C para 30,41 °C), confirmando o papel das massas d'água como reguladores térmicos naturais, devido à alta capacidade calorífica da água e ao processo de evaporação, que dissipam parte da energia térmica absorvida.

Já as áreas urbanas permaneceram com médias em torno de 26,70 °C no primeiro período e 32,04 °C no segundo, não apresentando dados no último intervalo por limitações de mapeamento. Ainda assim, é possível identificar o efeito de ilha de calor urbana, resultante da substituição de superfícies vegetadas por materiais impermeáveis e de alta inércia térmica, como concreto e asfalto.

De forma geral, as classes de uso estáveis evidenciam que o tipo de cobertura exerce influência direta e contínua sobre o regime térmico da superfície. Mesmo sem alteração de uso, a tendência de aumento das temperaturas médias ao longo das décadas sugere que fatores externos, como o avanço da urbanização, a redução da vegetação no entorno e as mudanças climáticas regionais, mas também contribuem para o aquecimento generalizado da paisagem.

4.4 Conclusão

A análise temporal do uso e ocupação do solo em Mineiros (GO), entre 1994 e 2023, evidenciou transformações intensas impulsionadas pelo avanço do agronegócio. A expansão da pecuária e, principalmente, da agricultura mecanizada, notadamente da cultura da soja, resultou na expressiva substituição da vegetação nativa, sobretudo das formações savânicas. Esse processo reflete a modernização agrícola e a especialização territorial do sudoeste goiano, onde a pressão econômica sobre os recursos naturais se sobrepõe às práticas sustentáveis, configurando uma paisagem cada vez mais homogênea e voltada à produção intensiva.

As consequências ambientais dessa conversão são significativas, destacando-se a drástica redução dos corpos hídricos, com perda de aproximadamente 80% de sua área superficial em três décadas. Essa diminuição indica a forte interferência das atividades agropecuárias sobre os recursos hídricos, em desacordo com as diretrizes do Código Florestal e do Plano Diretor municipal. Apesar da presença do Parque Nacional das Emas como área de conservação eficiente, o restante do território municipal carece de fiscalização e de um planejamento ambiental efetivo, revelando um modelo de desenvolvimento que prioriza o crescimento econômico em detrimento da sustentabilidade ecológica.

A análise da Temperatura de Superfície (LST) confirmou uma tendência consistente de aquecimento em todas as classes de uso do solo, com 2023 registrando os maiores valores. Mesmo áreas de vegetação florestal apresentaram aumento de temperatura, indicando influência tanto das mudanças climáticas regionais quanto das modificações locais do uso do solo. Episódios específicos, como a passagem de massas de ar frio em 2004, demonstram a necessidade de contextualizar os dados, mas o padrão geral aponta para um duplo desafio: o aquecimento climático de longo prazo e a intensificação do calor superficial causada pela supressão da vegetação.

A correlação entre cobertura do solo e temperatura revelou que as áreas vegetadas e hídricas são fundamentais na regulação térmica, enquanto pastagens degradadas e solos expostos atuam como superfícies de amplificação do calor. Transições como a de pastagem para área não vegetada atingiram temperaturas superiores a 37 °C, evidenciando o “custo térmico” da degradação. Em contrapartida, áreas que passaram de pastagem para vegetação natural apresentaram resfriamento significativo, demonstrando o potencial das práticas de recuperação ambiental. Assim, o futuro sustentável de Mineiros depende de políticas que

conciliem produção agrícola com restauração ecológica, assegurando a manutenção dos processos naturais e a resiliência climática do território.

4.5 Referências

- AHMED, Ali Yasin; ALI, Abebe Mohammed; AHMED, Nurhussen. Temporal dynamics of leaf area index and land surface temperature correlation using Sentinel-2 and Landsat OLI data. **Environmental Systems Research**, v. 13, art. 43, 2024. DOI: 10.1186/s40068-024-00371-6. Disponível em: <https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-024-00371-6>
- AKÀ, K. S. R.; et al. Toward understanding land use land cover changes and their impacts: methodologies and recent advances. **Frontiers in Remote Sensing**, v. 4, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsen.2023.1221757/full>
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Portal CEMADEN**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br>. Acesso em: 22 jun. 2025
- CHEN, C. *et al.* Biophysical effects of croplands on land surface temperature. **Nature Communications**, London, v. 15, Art. 10901, 30 dez. 2024. DOI: 10.1038/s41467-024-55319-2. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-55319-2>. Acesso em: 2 de agosto. 2025
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Brasil**. Portal Temático. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 26 de junho 2025.
- FEARNSIDE, Philip M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, Cambrigde, v. 28, n. 1, p. 1–??, 2001. DOI: 10.1017/S0376892901000030. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/soybean-cultivation-as-a-threat-to-the-environment-in-brazil/191311DBCD27A85DBF0782E989956867>. Acesso em: 22 jun. 2025
- FELDMAN, A. F.; et al. Tropical surface temperature response to vegetation cover. **Communications Earth & Environment** (PMC), 2022. DOI/Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10092849/>
- GIONGO, P. R. *et al.* Uso dos solos em assentamentos rurais no Sudoeste Goiano / Use of soils of rural settlements in Southwest Goiano. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 1331–1347, 2019. DOI: 10.34115/basr.v3i2.1423. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/1423>. Acesso em: 26 de maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Portal INMET**. Brasília, DF. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Prodes – Monitoramento anual da supressão de vegetação nativa**. Divisão de Processamento de Imagens – DPI/OBT, atualização em 8 maio 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 21 de maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **TerraClass** – uso e cobertura da terra em áreas desmatadas na Amazônia e Cerrado. 2021 (atualização em 31 dez. 2021). Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br/>. Acesso em: 12 de junho 2025.

KAISER, E. A. *et al.* Spatiotemporal Influences of LULC Changes on Land Surface Temperature in Rapid Urbanization Area by Using Landsat-TM and TIRS Images. **Atmosphere**, v. 13, n. 3, 460, 2022. DOI: 10.3390/atmos13030460. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos13030460>

MACIEL, A. M.; *et al.* Identifying Land Use Change Trajectories in Brazil's Agricultural Frontier. **Land**, v. 9, n. 12, p. 506, 2020. DOI: 10.3390/land9120506. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land9120506> Acesso em: 19 de maio 2025.

MAPBIOMAS [rede colaborativa]. MapBiombras Brasil: cobertura e uso da terra no Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 22 de junho. 2025.

MAPBIOMAS. *Estatística de acurácia da Coleção 8*. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatistica-de-acuracia/colecao-8/>. Acesso em: 8 maio. 2025.

MARICATO, E. T. M. O impasse da política urbana no Brasil. 1. ed. Petrópolis, RJ: **Vozes**, 2011. 219 p. ISBN 978-8532641472.

PONTIUS Jr., R. G.; SHUSAS, E.; McEACHERN, M. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. Agriculture, **Ecosystems & Environment**, v. 101, n. 2, p. 251-268, 2004. DOI: 10.1016/j.agee.2003.09.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>. Acesso em: 14 de março 2025

SANTOS, A. P. *et al.* The Influence of Land Use and Land Cover on Surface Temperature in a Water Catchment Sub-Basin. **Sociedade & Natureza**, v. 35, n. 1, 2023. DOI: 10.14393/SN-v35-2023-69161. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/69161> Acesso em: 14 de março 2025.

SANTOS, L. R. de O.; OLIVEIRA, B. S. de. *Goiás em Dados 2022*. Goiânia: **Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos – IMB**, 2022. 107 p. Disponível em: https://goias.gov.br/imb/wp-content/uploads/sites/29/2024/02/repositorio_2022_031_goias_em_dados_2022.pdf. Acesso em: 26 de junho. 2025.

SANTOS, P. A. Dos. *et al.* Land Use and Land Cover Products for Agricultural Mapping Applications in Brazil: Challenges and Limitations. **Remote Sens.**, v. 17, n. 13, p. 2324, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs17132324> Acesso em: 31 de maio 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Projeto Radam-D**: preservação e digitalização de imagens SLAR originais. SGB – Serviço Geológico do Brasil, atualização em 2004. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 22 jun. 2025

SEVERIANO, E. da C. *et al.* Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, Carlton, v. 51, n. 3, p. 193–202, 2013. DOI: 10.1071/SR12366. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/sr/sr12366>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SILVA, J. S. A Formação dos Complexos Agroindustriais no Sudoeste de Goiás. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 21, n. 59, p. e12736, 2023. DOI: 10.21527/2237-6453.2023.59.12736. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/12736>. Acesso em: 31 de maio 2025.

STARR, J. *et al.* Albedo impacts of changing agricultural practices in the United States through space-borne analysis. **Remote Sensing**, v. 12, n. 18, Art. 2887, 2020. DOI: 10.3390/rs12182887. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12182887>. Acesso em: 22 jun. 2025

TRINDADE, Silas P.; FARIA, K. M. S. de A.; SIMÕES, S. de C. Análise da expansão canavieira e as mudanças de uso do solo no sudoeste goiano de 1985 a 2016. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 569–590, 2018. DOI: 10.5216/bgg.v38i3.56359. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/56359>. Acesso em: 9 de outubro. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat Surface Reflectance Product Guide**. Version 3.0. Sioux Falls, SD: USGS, 2019. Acesso em: 22 de junho. 2025.

5 CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação avalia como o estudo do uso e ocupação do solo é fundamental para compreender as interações entre as atividades humanas e o meio ambiente. Por meio dessa análise, é possível identificar como o território do município de Mineiros foi transformado ao longo do tempo, avaliando os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes das práticas de ocupação e manejo. A partir do monitoramento dessas dinâmicas, é possível compreender processos como desmatamento, urbanização, expansão agrícola e degradação ambiental, que afetam diretamente os recursos hídricos, a biodiversidade e o equilíbrio climático.

Além disso, o estudo do uso e ocupação do solo fornece subsídios essenciais para o planejamento territorial sustentável, orientando políticas públicas voltadas à conservação ambiental, a gestão de recursos naturais e a mitigação de impactos das mudanças climáticas. No campo científico, essas análises contribuem para o avanço das pesquisas sobre mudanças no uso da terra, variabilidade climática e gestão ambiental integrada, ampliando o conhecimento sobre sustentabilidade e a relação entre sociedade e natureza.