

ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA CORINE LAND COVER AO TERRACLASS CERRADO PARA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO CERRADO: ESTUDO DE CASO EM CRISTALINA, GOIÁS

ADAPTATION OF THE CORINE LAND COVER METHODOLOGY TO TERRACLASS CERRADO FOR LAND USE AND LAND COVER ANALYSIS IN THE CERRADO: CASE STUDY IN CRISTALINA, GOIÁS

ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER AL TERRACLASS CERRADO PARA ANÁLISIS DE USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN EL CERRADO: ESTUDIO DE CASO EN CRISTALINA, GOIÁS

 <https://doi.org/10.56238/arev7n12-080>

Data de submissão: 09/11/2025

Data de publicação: 09/12/2025

Daniel de Oliveira Soares

Doutorando em Geociências Aplicadas e Geodinâmica

Instituição: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: ddosoares@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0398818818450731>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8582-0854>

Edilson de Souza Bias

Doutor em Geografia

Instituição: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: edbias@unb.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3035374199466563>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0334-0476>

RESUMO

A expansão agropecuária no Cerrado brasileiro intensificou a conversão de formações naturais em áreas agrícolas e pastagens, reforçando a necessidade de mapeamentos de uso e ocupação do solo mais detalhados para subsidiar o planejamento territorial (Soares, 2020; INPE e Embrapa, 2014). Este estudo avalia a adaptação da metodologia CORINE Land Cover (CLC) ao mapeamento TerraClass Cerrado 2013, tendo como estudo de caso o município de Cristalina (GO), área representativa da intensificação agropecuária no bioma (Soares, 2020). A partir do recorte municipal do TerraClass 2013, integraram-se imagens Landsat 8 e Sentinel-2, aplicou-se interpretação visual e estabeleceu-se a correspondência entre as dez classes originais do TerraClass e uma legenda hierárquica compatível com o CLC, organizada em cinco superclasses e 28 categorias detalhadas (Caetano et al., 2002; Copernicus, 2021). A comparação entre 2013 e 2018 evidenciou aumento da participação de áreas agrícolas e de pastagens e redução relativa da vegetação nativa, em coerência com tendências regionais apontadas por TerraClass e MapBiomas (Embrapa e INPE, 2025; MapBiomas, 2024). A avaliação de exatidão temática indicou valores elevados nos níveis hierárquicos superiores e desempenho satisfatório no nível mais detalhado, demonstrando a viabilidade técnica da integração TerraClass - CLC em escala municipal (Soares, 2020). A adaptação do CLC ao contexto do Cerrado ampliou o poder descritivo dos mapeamentos existentes, oferecendo subsídios relevantes para políticas de conservação e ordenamento do uso do solo.

Palavras-chave: Cerrado. Uso e Ocupação do Solo. TerraClass. CORINE Land Cover. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The expansion of agribusiness in the Brazilian Cerrado has intensified the conversion of natural formations into agricultural areas and pastures, highlighting the need for more detailed land use and land cover (LULC) mapping to support territorial planning. This study evaluates the adaptation of the CORINE Land Cover (CLC) methodology to the TerraClass Cerrado 2013 mapping, using the municipality of Cristalina (GO) as a case study, an area representative of the biome's agricultural intensification. Starting with the municipal dataset from TerraClass 2013, the methodology integrated Landsat 8 and Sentinel-2 imagery, applied visual interpretation, and established correspondence between the original ten TerraClass classes and a hierarchical legend compatible with CLC. This adapted legend was organized into five superclasses and 28 detailed categories. The comparison between 2013 and 2018 showed an increase in agricultural and pasture areas, alongside a relative reduction in native vegetation, consistent with regional trends identified by TerraClass and MapBiomass. The thematic accuracy assessment indicated high values in the higher hierarchical levels and satisfactory performance in the most detailed level, thus demonstrating the technical viability of the TerraClass - CLC integration at the municipal scale. Adapting the CLC to the Cerrado context enhanced the descriptive power of existing mappings, offering relevant subsidies for conservation policies and spatial planning of land use.

Keywords: Cerrado. Land Use and Land Cover. TerraClass. CORINE Land Cover. Remote Sensing.

RESUMEN

La expansión agropecuaria en el Cerrado brasileño hectáreas intensificado la conversión de formaciones naturales en áreas agrícolas y pastizales, lo que refuerza la necesidad de mapeos de uso y ocupación del suelo más detallados para sustentar la planificación territorial. Este estudio evalúa la adaptación de la metodología CORINE Land Cover (CLC) al mapeo TerraClass Cerrado 2013, tomando como estudio de caso el municipio de Cristalina (GO), un área representativa de la intensificación agropecuaria en el bioma. A partir del recorte municipal de TerraClass 2013, se integraron imágenes Landsat 8 y Sentinel-2, se aplicó interpretación visual y se estableció la correspondencia entre las diez clases originales de TerraClass y una leyenda jerárquica compatible con el CLC, organizada en cinco superclases y 28 categorías detalladas. La comparación entre 2013 y 2018 evidenció un aumento de la participación de áreas agrícolas y de pastizales y una reducción relativa de la vegetación nativa, en coherencia con las tendencias regionales señaladas por TerraClass y MapBiomass. La evaluación de exactitud temática indicó valores elevados en los niveles jerárquicos superiores y un desempeño satisfactorio en el nivel más detallado, demostrando la viabilidad técnica de la integración TerraClass - CLC a escala municipal. La adaptación del CLC al contexto del Cerrado amplió el poder descriptivo de los mapeos existentes, ofreciendo subsidios relevantes para políticas de conservación y ordenamiento del uso del suelo.

Palabras clave: Cerrado. Uso y Ocupación del Suelo. TerraClass. CORINE Land Cover. Teledetección.

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970, a expansão agropecuária no Cerrado tem promovido uma conversão intensa de formações naturais em áreas agrícolas e pastagens, com impactos diretos sobre a integridade dos ecossistemas e a disponibilidade de água na região (Ribeiro & Walter, 1998; Machado et al., 2004; Soares, 2020). Essa dinâmica produziu fragmentação de habitats, perda de cobertura vegetal nativa e pressão crescente sobre recursos hídricos, reforçando o status do Cerrado como hotspot de biodiversidade e área estratégica para a segurança alimentar e climática (Myers et al., 2000; Soares, 2020).

Diante desse cenário, produtos sistemáticos de uso e cobertura do solo, como o TerraClass Cerrado, tornaram-se ferramentas centrais para monitorar mudanças na paisagem e subsidiar ações de ordenamento territorial em diferentes escalas (INPE e Embrapa, 2014; Embrapa e INPE, 2025). Entretanto, a legenda relativamente sintética do TerraClass, com número limitado de classes, restringe em alguns casos a discriminação de tipos de uso e coberturas em nível mais detalhado em escala municipal (Soares, 2020).

O CORINE Land Cover (CLC), desenvolvido no âmbito europeu, oferece uma nomenclatura hierárquica mais rica e padronizada, sendo amplamente aplicado em diferentes países para monitoramento de mudanças de uso do solo (Caetano et al., 2002; Copernicus, 2021). Este artigo tem como objetivo avaliar a adaptação da metodologia CLC ao mapeamento TerraClass Cerrado 2013 no município de Cristalina (GO), discutindo potencialidades e limitações dessa transposição metodológica para o contexto do Cerrado brasileiro.

Apesar desse avanço de produtos mais especializados, ainda há pouca exploração de legendas mais detalhadas, inspiradas em experiências internacionais como o CORINE Land Cover, em escala municipal no Cerrado.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO E INOVAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

Os avanços em Sensoriamento Remoto orbital e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ampliaram as possibilidades de monitorar mudanças de uso e cobertura do solo em diferentes escalas, combinando séries temporais de imagens, bancos de dados temáticos e técnicas de interpretação visual ou automática (Novo, 2008; Florenzano, 2002; Câmara e Medeiros, 1998). Imagens multitemporais de sensores como Landsat 8 / 9 e Sentinel-2, com resoluções espaciais de 30 m e 10 m, respectivamente, consolidaram-se como bases fundamentais para análises de uso do solo em escalas regionais e municipais (Silva et al., 2023; Penha et al., 2023).

Revisões recentes apontam tendência de integração entre abordagens de classificação automática (incluindo aprendizado de máquina) e interpretação visual, sobretudo em estudos que demandam alta confiabilidade temática em escala de gestão local (Silva et al., 2025).

O mapeamento de uso e ocupação do solo em larga escala no Brasil, notadamente por meio de iniciativas como o TerraClass (Scaramuzza et al., 2017; Sano et al., 2009), fornece uma base fundamental para o monitoramento ambiental. No entanto, a necessidade de detalhamento de classes, especialmente em nível municipal, justifica a adaptação de metodologias como CORINE Land Cover (CLC), que oferece uma hierarquia de classes mais granulares.

A capacidade de monitoramento e a acurácia dos mapeamentos foram significativamente impulsionadas pelos avanços em Sensoriamento Remoto (Claverie et al., 2018). A tendência atual é a integração de dados multissensores para superar as limitações individuais de frequência de revisita e resolução. A combinação de imagens dos satélites Landsat e Sentinel-2, consolidada na inicia Harmonized Landsat Sentinel (HLS), provê uma série temporal mais densa e coesa. Essa integração é crucial para monitorar a rápida e complexa dinâmica de culturas de múltiplos ciclos no Cerrado (Penha et al., 2023; Parreiras et al., 2022).

Adicionalmente, o Sensoriamento Remoto Ativo, representado pelo Radar de Abertura Sintética (SAR) do satélite Sentinel-1A (banda C), demonstrou potencial significativo (Shimizu et al., 2019). Por operar independente das condições atmosféricas, o SAR complementa os sensores ópticos para a detecção de mudanças de cobertura, especialmente no monitoramento do desmatamento (Silva et al., 2023). Para o mapeamento do satélite CBERS-4A, tem permitido a aplicação de técnicas não-supervisionadas para mapeamentos mais precisos em escalas locais (Silva et al., 2024; Ouchra et al., 2023).

2.2 AVANÇOS EM SENSORIAMENTO REMOTO E O PAPEL DO MACHINE LEARNING NA CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

No campo do Processamento Digital de Imagens (PDI), a classificação supervisionada baseada em algoritmos de Machine Learning (ML) tornou-se padrão para lidar com a complexidade espectral e sazonal do Cerrado, um bioma que inclui extensas áreas de Florestas Tropicais Secas (Parreiras et al., 2022).

Uma revisão sistemática recente aponta que o algoritmo Random Forest (RF) é o mais amplamente adotado e reportado como o mais eficaz no mapeamento dessas áreas, devido à sua robustez contra o sobreajuste (overfitting) e a sua capacidade de processar grandes volumes de dados (Ribeiro & Merino, 2025). A avaliação comparativa entre Random Forest, Support Vector Machines

(SVM) e Redes Neurais Artificiais (ANN) é vista como uma boa prática, reforçando a importância da escolha do classificador para a acurácia temática (Parreiras et al., 2022; Vizzari, 2022). O próximo passo para a metodologia adaptada CLC-TerraClass seria automatizar a classificação usando o Random Forest (RF), dada a eficácia desse algoritmo (Ribeiro e Merino, 2025)

2.3 INICIATIVAS DE MAPEAMENTO NO BRASIL: TERRACLASS E MAPBIOMAS

No Brasil, iniciativas como TerraClass e MapBiomass consolidaram abordagens padronizadas para o mapeamento de grandes biomas, incluindo o Cerrado (INPE e Embrapa, 2014; MapBiomass, 2024, 2025). O TerraClass Cerrado, inicialmente lançado para o ano de 2013, representa um marco no monitoramento sistemático do bioma, com produtos posteriores que ampliam a série temporal e incorporam metodologias baseadas em séries temporais de dados e algoritmos de aprendizado de máquina (Embrapa e INPE, 2025). Dados recentes indicam aumento significativo da área ocupada por culturas agrícolas temporárias e intensificação do uso agropecuário sobre áreas anteriormente classificadas como pastagens (Embrapa e INPE, 2025).

O MapBiomass, por sua vez, disponibiliza mapeamentos anuais de cobertura e uso da terra desde a década de 1980, permitindo análises de longo prazo sobre desmatamento, regeneração e mudanças no uso do solo em todo o território brasileiro (MapBiomass, 2024; MapBiomass Alerta, 2025). Essa complementaridade entre TerraClass e MapBiomass reforça a necessidade de harmonização de legendas e metodologias para ampliar a comparabilidade entre produtos.

2.4 CORINE LAND COVER: METODOLOGIA E APLICAÇÕES GLOBAIS

O CLC consolidou-se na Europa como referência em produtos harmonizados de uso e ocupação do solo, utilizando legenda hierárquica em três níveis, escala de 1:100.000 e unidade mínima cartografada de 25 hectares (Caetano et al., 2002; Copernicus, 2021). A legenda envolve 44 classes de uso e cobertura do solo, organizadas em grandes grupos como áreas artificiais, agrícolas, florestais, áreas úmidas e corpos d'água (Copernicus, 2021).

A metodologia CLC vem sendo testada e adaptada em contextos extraeuropeus, indicando que, com ajustes de legenda, é possível adequá-la a diferentes realidades ambientais e socioeconômicas (Caetano et al., 2002; Penha et al., 2023). Atualizações recentes do programa preveem produtos referentes ao ano de 2024, reforçando sua continuidade como padrão de referência em monitoramento territorial (Copernicus, 2021).

2.5 DINÂMICA DE USO DO SOLO NO CERRADO

O Cerrado apresenta combinação singular de formações florestais, savânicas e campestres, amplamente descritas na literatura fitofisionômica (Ribeiro & Walter, 1998; IBGE, 2012). A partir da década de 1970, políticas públicas, avanços tecnológicos e investimentos privados impulsionaram a expansão da fronteira agrícola em direção ao Centro-Oeste, resultando em elevada taxa de conversão de vegetação nativa em áreas agrícolas e pastagens (Machado et al., 2004; Soares, 2020).

Municípios como Cristalina destacam-se pelo papel na produção de grãos e pela adoção de agricultura mecanizada em grandes áreas, frequentemente associada a sistemas de irrigação por pivôs centrais e uso intensivo de insumos, o que reforça a importância de mapeamentos detalhados para apoiar o planejamento territorial e a conservação remanescente (Soares, 2020; National Wildlife Federation e Coalizão Brasil, 2025).

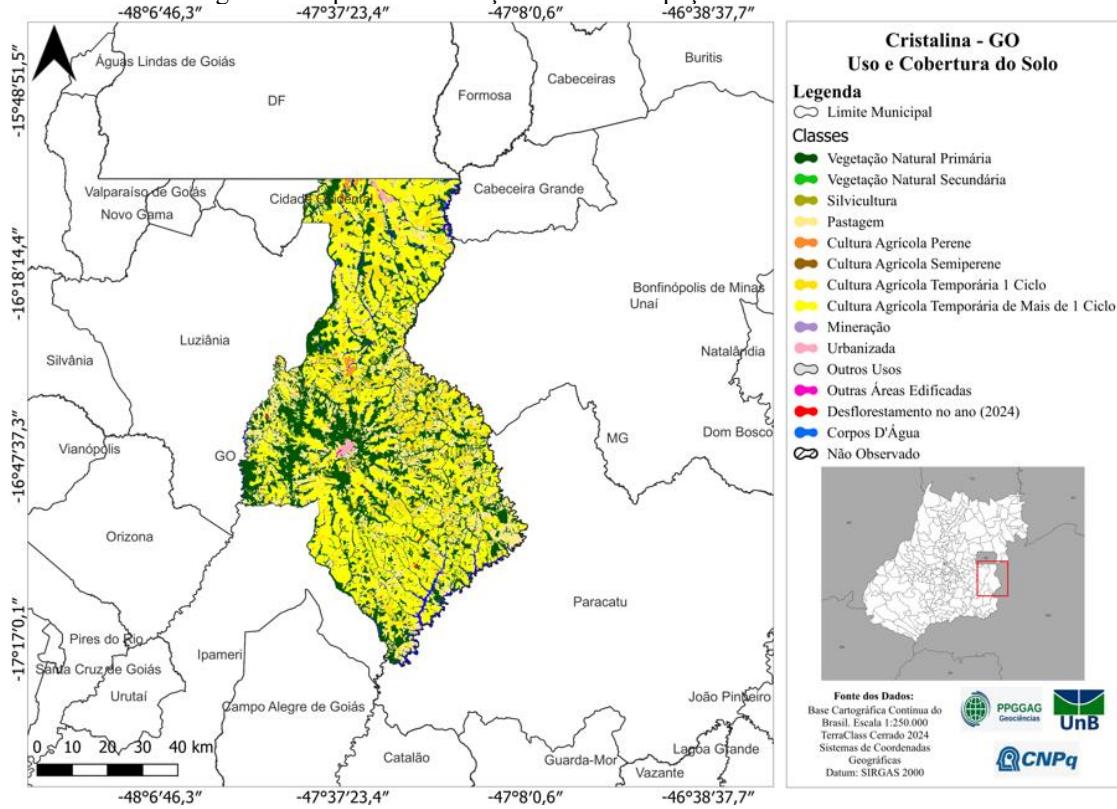
O INPE corrobora que os mapeamentos de 2020 e 2024 confirmam intensa antropização do bioma. Em 2024, a vegetação nativa primária correspondia a aproximadamente 47% do bioma, com o restante ocupado por atividades humanas (EMBRAPA e INPE, 2025). Entre 2018 e 2020, o avanço da área agrícola ocorreu prioritariamente sobre áreas de pastagem, indicando um processo de intensificação e substituição de uso (Ministério da Agricultura e Pecuária et al., 2022).

O mapeamento mais recente, conforme EMBRAPA e INPE (2025), referente a 2024, trouxe um dado notável: pela primeira vez na série histórica do TerraClass, a área de culturas agrícolas de mais de um ciclo (indicativo de intensificação) apresentou um sinal de retração de 11,5%, possivelmente relacionada a eventos climáticos extremos. Em contraste, a vegetação natural secundária (em regeneração) registrou um aumento de 7,5% no período (EMBRAPA e INPE, 2025). A adaptação da nomenclatura CLC, como proposto neste trabalho, torna-se a tendência mais relevante para discriminar se as mudanças observadas no município de Cristalina, Goiás seguem a tendência regional de intensificação ou de conversão de vegetação nativa remanescente.

3 ÁREA DE ESTUDO

Cristalina (GO) situa-se no centro do bioma Cerrado e apresenta relevo suavemente ondulado, clima tropical sazonal e solos que, após manejo químico, passaram a sustentar agricultura intensiva em larga escala (Soares, 2020). A combinação de condições físicas favoráveis e forte inserção em cadeias de commodities torna o município um exemplo representativo da conversão de paisagens naturais em matrizes agropecuárias no Cerrado (Soares, 2020).

Figura 1: Mapa de Localização e Uso e Ocupação do Solo de Cristalina.



Fonte: Autores.

A paisagem atual é marcada por extensas áreas de agricultura mecanizada e pastagens, além de fragmentos remanescentes de vegetação nativa dispersos entre matrizes agropecuárias. Essa configuração torna Cristalina um caso representativo da dinâmica de uso e ocupação do solo em regiões de Cerrado fortemente integradas às cadeias de produção de commodities agrícolas (Soares, 2020; MapBiomas, 2024).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DADOS UTILIZADOS

A análise partiu do recorte municipal do mapa TerraClass Cerrado 2013 (INPE e Embrapa, 2014), que foi combinado com imagens Landsat 8 (2013) e Sentinel-2 (2018) para refino dos polígonos e identificação de mudanças (INPE e Embrapa, 2014; Soares, 2020). Essa base foi complementada por imagens Landsat 8 OLI (resolução espacial de 30 m) referentes ao ano de 2013 e por imagens Sentinel-2 (resolução de 10 m) para o ano de 2018, selecionadas de forma a minimizar cobertura de nuvens.

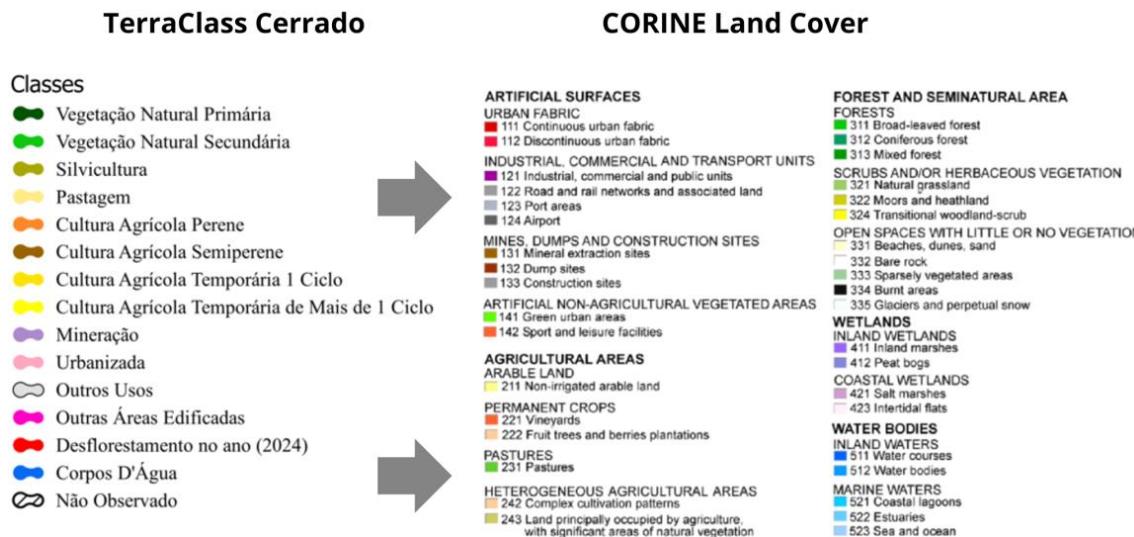
Dados auxiliares de geologia, geomorfologia e hidrografia foram obtidos junto ao Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás, TerraClass Cerrado e IBGE, servindo como apoio à

interpretação das classes de uso e cobertura (Soares, 2020). A unidade mínima cartografada adotada foi de 25 hectares, em consonância com os parâmetros da metodologia CLC (Copernicus, 2021).

4.2 ADAPTAÇÃO DA LEGENDA TERRACLASS - CORINE LAND COVER

A etapa seguinte consistiu em reclassificar as dez classes originais do TerraClass em uma legenda compatível com o CORINE Land Cover (figura 2), preservando a estrutura hierárquica em três níveis e a unidade mínima cartografada de 25 hectares (Caetano et al., 2002; Copernicus, 2021). A partir dessa correspondência, foram definidas 28 classes adaptadas às condições do Cerrado em Cristalina (Soares, 2020).

Figura 2: Classes temáticas do TerraClass Cerrado e CORINE Land Cover.



Fonte: INPE, 2025; Copernicus, 2021.

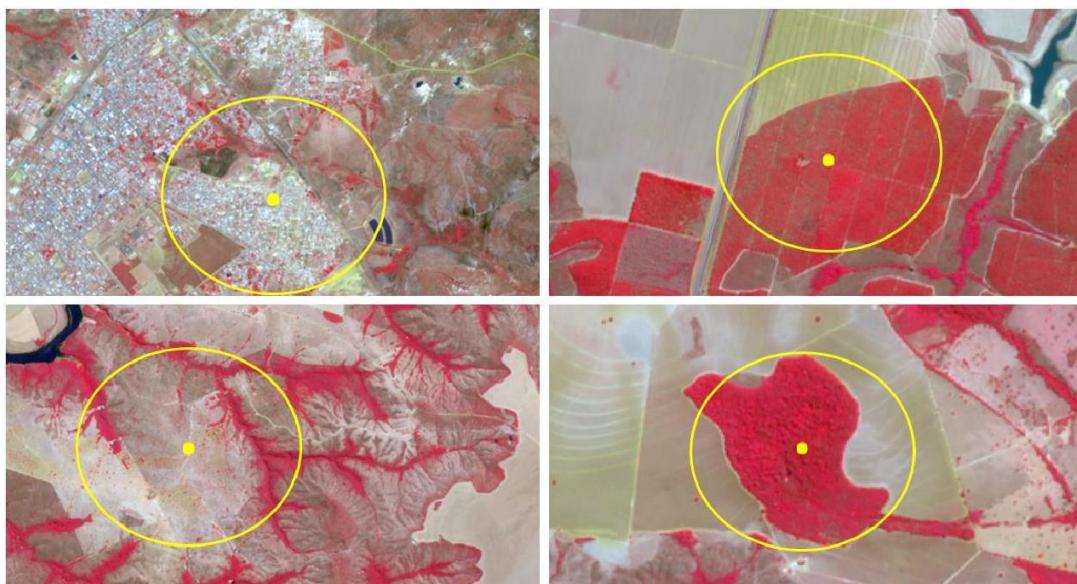
A legenda adaptada estruturou cinco grandes superclasses: (1) territórios artificializados, (2) áreas de agricultura e pastagens, (3) vegetação e áreas naturais, (4) áreas úmidas e (5) corpos d'água, seguindo a lógica do CLC (Caetano et al., 2002; Copernicus, 2021). Cada superclasse foi desdobrada em subcategorias em níveis 2 e 3, resultando em um total de 28 classes, permitindo distinções mais finas entre tipos de agricultura, pastagens e formações naturais (Soares, 2020).

4.3 INTERPRETAÇÃO VISUAL E ATUALIZAÇÃO PARA 2018

A partir da base TerraClass 2013, realizou-se interpretação/inspeção visual sobre composições coloridas de Landsat 8 (2013) e Sentinel-2 (2018) para refinar os limites dos polígonos e identificar

mudanças de uso e cobertura até 2018, respeitando a unidade mínima de 25 hectares e distanciamento mínimo de 100 m entre feições mapeadas (Soares, 2020).

Figura 3: São ilustrados pontos de amostragem envolvidos por polígonos circulares que definem o suporte espacial adotado, com unidade mínima de mapeamento de 25 hectares, sobre imagem Landsat 8 OLI de 2013 em composição de falsa cor.



Fonte: Autores.

Pontos amostrais foram distribuídos sistematicamente em grade regular para avaliação independente, registrando-se atributos como tipo de uso, cobertura, contexto paisagístico e consistência com a legenda adaptada. A fotointerpretação apoiou-se em princípios clássicos de análise visual, como cor/tonalidade, textura, forma, padrão, contexto e localização (Florenzano, 2002; Bariou, 1978).

4.4 AVALIAÇÃO DE EXATIDÃO TEMÁTICA

A exatidão temática do produto TerraClass - CLC foi estimada por meio de matriz de confusão (tabela 1), com cálculo de exatidão global, erros de omissão e comissão e intervalos de confiança de 95% para os diferentes níveis hierárquicos da legenda (Congalton e Green, 2009; Soares, 2020).

Tabela 1: Tabela que representa a matriz de erro.

Classificação	Dados de referência			Total nas linhas ni+
	1	2	r	
1	x ₁₁	x ₁₂	x _{1r}	x _{1 +}
2	x ₂₁	x ₂₂	x _{2r}	x _{2 +}
r	x ₃₁	x ₃₂	x _{3r}	x _{3 +}
Total nas colunas n +1	x + 1	x + 2	x + 3	r

Fonte: Adaptado de Bernardes (2006).

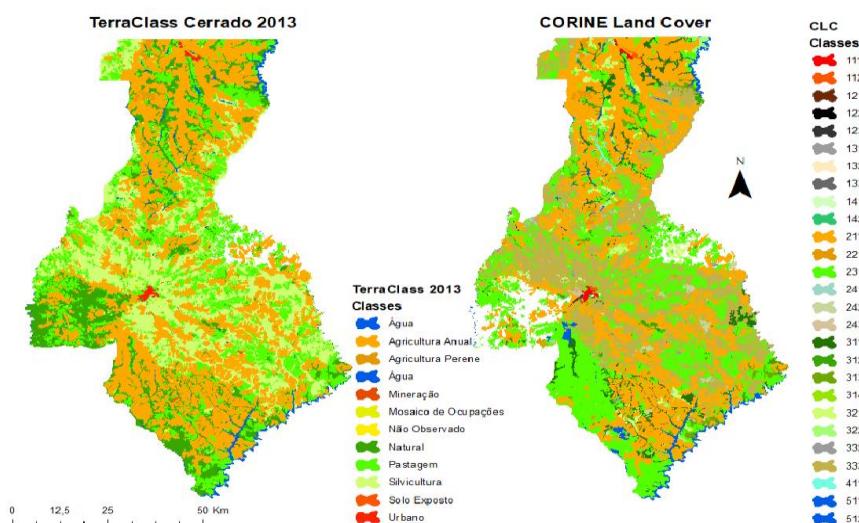
A comparação foi feita entre as classes mapeadas e a interpretação de referência, baseada em imagens de maior resolução e pontos amostrais independentes, seguindo procedimentos amplamente utilizados em estudos de uso e cobertura do solo (Silva et al., 2023; Penha et al., 2023).

5 RESULTADOS

5.1 AMPLIAÇÃO DO DETALHAMENTO DE CLASSE

A reclassificação TerraClass - CLC resultou em 28 classes hierarquizadas (figura 4), o que aumentou a capacidade de distinguir tipos de agricultura e pastagens em relação à legenda original (Soares, 2020). Em comparação com aplicações do CLC em outros contextos (Caetano et al., 2002; Penha et al., 2023), o número de classes mostrou-se adequado para capturar a diversidade de usos observada em Cristalina.

Figura 4: Classes adaptadas do TerraClass Cerrado 2013 para o CORINE Land Cover.



Fonte: Autores.

Com isso, a paisagem de Cristalina pôde ser descrita de forma mais minuciosa, evidenciando mosaicos de usos agrícolas, pastagens e fragmentos naturais que não eram plenamente captados pela legenda original.

5.2 DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (2013–2018)

Entre 2013 e 2018, observou-se a expansão das áreas agrícolas e a retração relativa da vegetação nativa, um padrão alinhado com as tendências regionais documentadas por MapBiomas (2024) e pelos produtos mais recentes do TerraClass (Embrapa e INPE, 2025). As classes adaptadas ao CLC permitiram discriminar com maior clareza se as transições envolviam intensificação agrícola sobre áreas já antropizadas ou conversão direta de vegetação nativa, o que é fundamental para análises de impacto ambiental e para formulação de políticas de recuperação de áreas degradadas (Embrapa e INPE, 2025; National Wildlife Federation e Coalizão Brasil, 2025).

5.3 EXATIDÃO TEMÁTICA

Os resultados da avaliação de exatidão temática mostraram exatidão global elevada nos níveis hierárquicos superiores e desempenho satisfatório no nível de maior detalhe (tabela2). No nível 1 (superclasses), a exatidão global atingiu valores próximos a 95%; no nível 2, em torno de 90%; e no nível 3, em torno de 78%, com intervalos de confiança compatíveis com mapeamentos de uso e cobertura do solo com base em imagens de média resolução (Soares, 2020).

Tabela 2: A Tabela apresenta os pontos amostrais e os respectivos polígonos circulares que definem o suporte espacial, ajustados à unidade mínima de mapeamento de 25 hectares; ao fundo, utiliza-se uma composição em falsa cor da imagem Landsat 8 OLI de 2013

TerraClass Cerrado 2013			CLC Cristalina - Goiás 2018		
	Exatidão global	Intervalo de confiança	Exatidão global	d	Intervalo de confiança
Nível 1	95%	1% [94%;96%]	95%	1%	[94%;96%]
Nível 2	84%	3% [81%;87%]	90%	3%	[87%;93%]
Nível 3	72%	3% [69%;75%]	78%	2%	[76%;80%]

Fonte: Autores.

Esses resultados são coerentes com outros estudos que combinam interpretação visual e dados de sensores como Landsat e Sentinel para fins de mapeamento temático, indicando que a combinação TerraClass - CLC é tecnicamente viável para aplicações em escala municipal no Cerrado (Silva et al., 2023; Penha et al., 2023).

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que a adaptação da legenda, comprovada pela exatidão temática satisfatória, é operacionalmente viável em escala municipal e produz um ganho real de informação para análise de paisagens agrícolas do Cerrado (Soares, 2020). Esse ganho é particularmente relevante quando se busca alinhar produtos nacionais de uso e cobertura do solo com padrões de monitoramento adotados internacionalmente, como os produtos Copernicus (Copernicus, 2021).

A discussão também evidencia a importância de combinar interpretação visual, necessária para capturar especificidades locais, com avanços recentes em métodos automáticos de classificação baseados em aprendizado de máquina, como aqueles incorporados em versões mais recentes do TerraClass e em iniciativas como o Brazil Data Cube (Embrapa e INPE, 2025; Andrade et al., 2025). A harmonização da legenda adaptada com produtos como MapBiomas abre caminho para análises comparativas de longo prazo sobre a dinâmica de uso da terra no Cerrado (MapBiomas, 2024; MapBiomas Alerta, 2025).

Por fim, a opção por escala 1:100.000 e unidade mínima de 25 hectares mostrou-se adequada para planejamento territorial municipal, embora estudos focados em fragmentação de habitats e microescala possam se beneficiar de resoluções mais finas e unidades mínimas menores, a partir de dados de alta resolução (Silva et al., 2024; Silva et al., 2023).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista aplicado, a abordagem testada em Cristalina pode apoiar diagnósticos de intensificação agropecuária, planejamento de recuperação de áreas degradadas e monitoramento de compromissos climáticos que dependem de dados padronizados de uso do solo (Embrapa e INPE, 2025; National Wildlife Federation e Coalizão Brasil, 2025). Essa abordagem honrou a metodologia CLC original (escala 1:100.000 e unidade mínima de 25 hectares), garantindo que o produto adaptado seja útil para o ordenamento do uso do solo em larga escala e para o planejamento territorial municipal.

Sugere-se, para trabalhos futuros: (i) expandir a análise para outros municípios e períodos, consolidando uma série histórica comparável; (ii) integrar dados de sensoriamento remoto com algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais convolucionais para automatizar parte do processo de classificação, mantendo validação visual; (iii) explorar a compatibilidade da legenda adaptada com iniciativas como MapBiomas e Brazil Data Cube (TerraClass); e (iv) articular os resultados de mapeamento com dados socioeconômicos e instrumentos de gestão ambiental e territorial, reforçando o uso aplicado da informação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de doutorado, e à Universidade de Brasília por todo o suporte institucional durante a elaboração, construção, organização e desenvolvimento deste artigo.

REFERÊNCIAS

- Andrade, A., Silva, B., Souza, C., 2025. Aplicação de dados Sentinel-1 e Sentinel-2 via Machine Learning para Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra.
- Bariou, J., 1978. Interpretação visual de fotografias aéreas.
- Bernardes, M. C. et al. Instrumentação e estimativa de parâmetros de um sistema de nível de líquido com quatro tanques interligados. XII Congresso Brasileiro de Automatica, Salvador, p. 3427–3432, 2006.
- Câmara, G., Medeiros, J.S., 1998. Geoprocessamento para projetos ambientais. INPE, São José dos Campos.
- Caetano, M., et al., 2002. Land cover mapping in Portugal using CORINE Land Cover methodology. *Journal of Maps*.
- Claverie, M., Ju, J., Masek, J. G., Dungan, J. L., Vermote, E. F., Roger, J. C., Skakun, S. V., Justice, C. (2018). The Harmonized Landsat and Sentinel 2 surface reflectance data set. *Remote Sensing of Environment*, 219, 145–161.
- Copernicus, 2021. CORINE Land Cover – Methodology and Roadmap. European Environment Agency.
- Embrapa, INPE, 2025. TerraClass apresenta dados atualizados sobre a cobertura e uso da terra no bioma Cerrado.
- Florenzano, T.G., 2002. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo.
- IBGE, 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. IBGE, Rio de Janeiro.
- INPE, Embrapa, 2014. TerraClass Cerrado 2013 – Relatório Técnico.
- Machado, R.B., et al., 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Conservação Internacional, Brasília.
- MapBiomass, 2024. Cobertura e uso da terra no Brasil – Coleção 9.
- MapBiomass, 2025. Cobertura e uso da terra no Brasil – Coleção 10.
- MapBiomass Alerta, 2025. Relatório Anual de Desmatamento – RAD 2024.
- Ministério da Agricultura e Pecuária, Embrapa, Inpe. (2022). TerraClass mostra a cobertura e o uso da terra no bioma Cerrado.
- Myers, N., et al., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858.
- National Wildlife Federation, Coalizão Brasil, 2025. Uso da terra no Cerrado e no MATOPIBA.

Novo, E.M.L.M., 2008. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 3. ed. Blucher, São Paulo.

Ouchra, H., Belangour, A., Erraissi, A. (2023). Comparing Unsupervised Land Use Classification of Landsat 8 OLI Data Using K-means and LVQ Algorithms in Google Earth Engine: A Case Study of Casablanca. International Journal of Geoinformatics, 19(12).

Parreiras, T. C., Bolfe, E. L., Chaves, M. E. D., Sanches, I. D., Sano, E. E., Victoria, D. C., Bettiol, G. M., Vicente, L. E. (2022). Hierarchical Classification of Soybean in the Brazilian Savanna Based on Harmonized Landsat Sentinel Data. Remote Sensing, 14(15).

Penha, A. R., Pereira, P. R. M., Bolfe, E. L., Victoria, D. C., Parreiras, T. C. (2023). Análise de dados Harmonized Landsat Sentinel para mapeamento de uso e cobertura da terra em área de expansão agrícola no Cerrado. Boletim de Geografia, 41.

Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M., Almeida, S.P. (Eds.), Cerrado: ambiente e flora. Embrapa Cerrados, Planaltina.

Ribeiro, A. R., Merino, E. R. (2025). Revisão Sistemática de Literatura sobre o Uso de Sensoriamento Remoto e Algoritmos Baseados em Machine Learning no Mapeamento de Florestas Tropicais Secas. Revista Brasileira de Cartografia, 77.

Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L. S., Ferreira, L. G., Bezerra, H. S. (2009). Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópico do bioma cerrado por meio de imagens Landsat ETM. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

Scaramuzza, C. A. M., Sano, E. E., Adami, M., Bolfe, E. L., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Maurano, L. E. P., Narvaes, I. S., Oliveira Filho, F. J. B., Rosa, R., Silva, E. B., Valeriano, D. M., Victoria, D. C., Bayma, A. P., Oliveira, G. H., Bayma-Silva, G. (2017). Land-use and land-cover mapping of the brazilian Cerrado based mainly on Landsat-8 satellite images. Revista Brasileira de Cartografia, 69(6).

Silva, J., Oliveira, L., Santos, P., 2024. Mapping land use and land cover in the Brazilian Cerrado domains: an unsupervised approach using WPM-CBERS-4A.

Silva, R., Almeida, F., Costa, G., 2023. Detection of land cover change in the Brazilian Cerrado using radar and optical satellite images.

Silva, I. S., Silva, E. C., Alves, F. C. (2024). Mapping land use and land cover in the Brazilian Cerrado Domains: an unsupervised approach using high spatial resolution Orbital Remote Sensing data. Revista Geoaraguaia, 14(1).

Silva, M., et al., 2025. Revisão sistemática de literatura sobre o uso de sensoriamento remoto na análise ambiental. Revista Brasileira de Cartografia.

Shimizu, K., Ota, T., Mizoue, N. (2019). Detecting Forest Changes Using Dense Landsat 8 and Sentinel-1 Time Series Data in Tropical Seasonal Forests. Remote Sensing, 11(16).

Soares, D.O., 2020. Análise de mapeamento de uso e ocupação do solo entre as metodologias do TerraClass Cerrado 2013 e CORINE Land Cover 2018 para o município de Cristalina-GO, Brasil. Dissertação de Mestrado, NOVA IMS, Universidade Nova de Lisboa.

Vizzari, M. (2022). PlanetScope, Sentinel-2, and Sentinel-1 Data Integration for Object-Based Land Cover Classification in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 14(11).