ReGeo ISSN: 2177-3246

SOBERANIA ESPACIAL E AUTONOMIA GEOTECNOLÓGICA NO SUL GLOBAL: GOVERNANÇA ALGORÍTMICA, GEOAI E A PRODUÇÃO POLÍTICA DA INFORMAÇÃO TERRITORIAL NO CERRADO

SPATIAL SOVEREIGNTY AND GEOTECHNOLOGICAL AUTONOMY IN THE GLOBAL SOUTH: ALGORITHMIC GOVERNANCE, GEOAI, AND THE POLITICAL PRODUCTION OF TERRITORIAL INFORMATION IN THE CERRADO

SOBERANÍA ESPACIAL Y AUTONOMÍA GEOTECNOLÓGICA EN EL SUR GLOBAL: GOBERNANZA ALGORÍTMICA, GEOAI Y LA PRODUCCIÓN POLÍTICA DE LA INFORMACIÓN TERRITORIAL EN EL CERRADO

https://doi.org/10.56238/revgeov17n9-144

Data de submissão: 21/08/2026 **Data de publicação:** 21/09/2026

Daniel de Oliveira Soares
Doutorando em Geociências Aplicadas
Instituição: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB)
E-mail: ddosoares@gmail.com

Edilson de Souza Bias
Doutor em Geografia
Instituição: Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (UnB)
E-mail: edbias@unb.br

RESUMO

Os sistemas de informação geoespacial e a GeoAI tornaram-se infraestruturas estratégicas para a governança territorial, a regulação ambiental e a capacidade estatal. Este artigo examina a relação entre soberania espacial, autonomia geotecnológica e governança algorítmica no Sul Global, utilizando a apropriação crítica de padrões de classificação de cobertura da terra no Cerrado brasileiro como referência empírica. Com base em uma abordagem teórico-conceitual fundamentada na Geografia Política, na cartografia crítica e nos estudos de ciência e tecnologia, o artigo argumenta que a soberania espacial se estende para além da jurisdição formal sobre o território. Ela também depende da capacidade de produzir, definir, validar, armazenar e governar informações territoriais por meio de infraestruturas públicas, auditáveis e institucionalmente governadas. A discussão centra-se nas tensões envolvidas na transposição de categorias padronizadas internacionalmente para a complexidade ecológica e socioespacial do Cerrado, bem como nos riscos de opacidade algorítmica, dependência de dados e homogeneização epistêmica em aplicações de GeoAI. O artigo propõe um arcabouço conceitual organizado em torno da autonomia de dados, soberania infraestrutural, auditabilidade algorítmica, adequação territorial-ontológica e governança pública democrática. O argumento central é que as geotecnologias só podem fortalecer a autonomia territorial no Sul Global quando são apropriadas criticamente, governadas por instituições públicas e adaptadas às realidades ecológicas, sociais e políticas locais.

Palavras-chave: Soberania Espacial. Autonomia Geotecnológica. GeoAI. Governança Algorítmica. Sul Global. Cerrado.

ABSTRACT
Geospatial information systems and GeoAI have become strategic infrastructures for territorial governance, environmental regulation and state capacity. This article examines the relationship between spatial sovereignty, geotechnological autonomy and algorithmic governance in the Global South, using the critical appropriation of land-cover classification standards in the Brazilian Cerrado as an empirical reference. Based on a theoretical-conceptual approach grounded in Political Geography, critical cartography and science and technology studies, the paper argues that spatial sovereignty extends beyond formal jurisdiction over territory. It also depends on the capacity to produce, define, validate, store and govern territorial information through autonomous and accountable infrastructures. The discussion focuses on the tensions involved in translating internationally standardized categories into the ecological and socio-spatial complexity of the Cerrado, as well as on the risks of algorithmic opacity, data dependency and epistemic homogenization in GeoAI applications. The article proposes a conceptual framework organized around data autonomy, infrastructural sovereignty, algorithmic auditability, territorial and ontological adequacy and democratic public governance. The central argument is that geotechnologies can strengthen territorial autonomy in the Global South only when they are critically appropriated, institutionally governed and adapted to local ecological and political realities.

Keywords: Spatial Sovereignty. Geotechnological Autonomy. GeoAI. Algorithmic Governance. Global South. Cerrado.

RESUMEN
Los sistemas de información geoespacial y la GeoAI se han convertido en infraestructuras estratégicas para la gobernanza territorial, la regulación ambiental y la capacidad estatal. Este artículo examina la relación entre soberanía espacial, autonomía geotecnológica y gobernanza algorítmica en el Sur Global, utilizando como referência empírica la apropiación crítica de los patrones de clasificación de la cobertura terrestre en el Cerrado brasileño. Basándose en un enfoque teórico-conceptual fundamentado en la Geografía Política, la cartografía crítica y los estudios de ciencia y tecnología, el artículo argumenta que la soberanía espacial se extiende más allá de la jurisdicción formal sobre el territorio. También depende de la capacidad de producir, definir, validar, almacenar y gestionar información territorial mediante infraestructuras autónomas y responsables. El análisis se centra en las tensiones que implica la transposición de categorías estandarizadas internacionalmente a la complejidad ecológica y socioespacial del Cerrado, así como en los riesgos de opacidad algorítmica, dependencia de datos y homogeneización epistémica en las aplicaciones de GeoAI. Este artículo propone un marco conceptual organizado en torno a la autonomía de los datos, la soberanía infraestructural, la auditabilidad algorítmica, la adecuación territorial-ontológica y la gobernanza pública democrática. El argumento central es que las geotecnologías solo pueden fortalecer la autonomía territorial en el Sur Global cuando se apropian de forma crítica, se gobernan institucionalmente y se adaptan a las realidades ecológicas y políticas locales.

Palabras clave: Soberanía Espacial. Autonomía Geotecnológica. GeoAI. Gobernanza Algorítmica. Sur Global. Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

A aceleração do meio técnico-científico-informacional transformou a informação geoespacial em um recurso estratégico central para a organização da economia política, a governança ambiental e o exercício do poder público (SANTOS, 1996; PEREIRA JÚNIOR, 2011). Longe de se constituírem como meras ferramentas técnicas e neutras de representação geométrica da paisagem, as geotecnologias, abrangendo os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o sensoriamento remoto orbital e a inteligência artificial geográfica (*GeoAI*), funcionam como verdadeiras infraestruturas sociotécnicas de ordenamento e produção do espaço (BURROUGH; MCDONNELL, 1998; WANG *et al.*, 2023). A forma como uma sociedade mede, categoriza, segmenta e representa o seu território condiciona diretamente quais usos da terra são incentivados, quais atores sociais são visibilizados e de que maneira as políticas públicas de conservação e desenvolvimento são implementadas (SANTOS, 2005; SILVA, 2013). Para enfrentar essa problemática, o texto toma como referência analítica reflexiva a experiência de harmonização metodológica entre o mapeamento nacional TerraClass Cerrado e o sistema transnacional europeu *CORINE Land Cover* (CLC), cujos desdobramentos operacionais foram objeto de estudo empírico prévio publicado por Soares e Bias (2025) na Revista ARACÊ.

Essa condição confere à informação geoespacial uma dimensão geopolítica específica. Controlar sensores, bases de dados, padrões de classificação, infraestruturas de processamento e modelos algorítmicos significa controlar não apenas os meios de representação do território, mas também parte das condições pelas quais decisões públicas e privadas são formuladas. A soberania espacial, nesse sentido, envolve a capacidade de disputar as categorias, escalas e infraestruturas que tornam o território cognoscível, administrável e governável.

No contexto contemporâneo da virada algorítmica, o aprendizado de máquina e o aprendizado profundo introduziram novas formas de extração, classificação e interpretação de padrões espaciais (WANG *et al.*, 2023; FLEISHER, 2022). Modelos computacionais passaram a atuar na produção massiva de informações territoriais, redefinindo os limites entre observação científica, automação técnica e decisão política. Entretanto, esses sistemas não operam em um vazio institucional: incorporam dados de treinamento, escolhas de escala, critérios de classificação e pressupostos epistemológicos produzidos em contextos específicos. Quando transferidos para territórios ecológica e socialmente distintos, podem reproduzir assimetrias, simplificações e dependências próprias da ordem tecnológica global (SANTOS, 2005).

A proposta deste manuscrito não é republicar a mensuração de alterações de uso da terra ou a validação estatística da exatidão temática daquele mapeamento, mas avançar em um esforço teórico-conceitual que utiliza a transposição de legendas no município de Cristalina, Goiás para discutir

soberania de dados, dependência tecnológica e a necessidade de consolidação de um marco autônomo de inteligência geográfica pública no Brasil (SANTOS, 2005; SOARES; BIAS, 2025).

2 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este artigo adota uma abordagem qualitativa, teórico-conceitual e interpretativa, situada no campo da Geografia Política, da Geopolítica Crítica, da cartografia crítica e dos estudos sociais da ciência e da tecnologia. O procedimento analítico combina revisão bibliográfica, análise documental de metodologias de classificação territorial e interpretação reflexiva de uma experiência empírica previamente publicada.

O caso de Cristalina, Goiás, não é utilizado para produzir uma nova classificação de uso e cobertura da terra, calcular indicadores de mudança ou reavaliar a exatidão temática do mapeamento anterior. Sua função é analítica: o caso permite examinar como escalas, legendas, unidades mínimas de mapeamento, padrões internacionais e tecnologias algorítmicas participam da produção política da informação territorial.

A contribuição original do artigo consiste na elaboração de um marco conceitual de autonomia e soberania geoespacial. Os dados e resultados técnicos apresentados anteriormente por Soares e Bias (2025) são mobilizados apenas como antecedente e não são reapresentados como resultados novos. Essa delimitação é necessária para distinguir o presente artigo da publicação anterior e para concentrar a análise nas relações entre poder, técnica, conhecimento e território.

3 SOBERANIA ESPACIAL COMO CATEGORIA ANALÍTICA E GEOPOLÍTICA

A reflexão sobre a soberania territorial atravessou a história do pensamento geográfico associada à capacidade do Estado moderno de exercer a jurisdição exclusiva sobre um espaço delimitado por fronteiras políticas formais (GODOY, 2010). Contudo, como demonstra Milton Santos (1996, 2005) em suas obras “A Natureza do Espaço” e “O Retorno do Território”, o período técnico-científico-informacional impõe a necessidade de redefinir esse conceito a partir da categoria analítica de território usado. O território usado compreende o conjunto indissociável de sistemas de objetos (infraestruturas, redes, técnicas) e sistemas de ações (normas, fluxos, decisões), nos quais o espaço banal é atravessado por dinâmicas verticais e horizontais.

As *verticalidades* representam os vetores de integração remota, orientados por racionalidades exógenas e interesses corporativos transnacionais que utilizam os lugares de forma seletiva para maximizar a produtividade espacial (SANTOS, 1996, 2005). Transpondo essa reflexão para o campo da geoinformação, emerge a necessidade de conceituar a *soberania espacial* não apenas como o

domínio militar ou jurídico do solo, mas como a capacidade soberana de um Estado e de sua sociedade civil para produzir, interpretar, validar, armazenar e governar o conhecimento geográfico e as bases de dados sobre o seu próprio território (SANTOS, 2005).

A soberania espacial articula-se em três dimensões fundamentais:

- Dimensão Política e Regulatória: O direito inalienável do Estado de determinar os parâmetros normativos, as prioridades de conservação e os critérios de uso da terra sem interferências externas dissimuladas por métricas cartográficas estrangeiras (SANTOS, 2005).
- Dimensão Técnica e Infraestrutural: A posse de capacidade instalada própria para a aquisição de dados orbitais, processamento em nuvem pública, desenvolvimento de algoritmos de código aberto e manutenção de acervos históricos seguros (INPE, 2014).
- Dimensão Epistemológica: A autonomia científica para conceber categorias, legendas e conceitos que reflitam a realidade ecológica, histórica e socioespacial de seus biomas, superando ontologias cartográficas eurocêntricas ou inadequadas (SILVA, 2013; CAETANO *et al.*, 2002).

Sem a consolidação dessas dimensões, os países do Sul Global podem permanecer em posição subordinada na produção e no controle dos fluxos geoinformacionais. Essa condição pode ser interpretada como uma erosão da autonomia territorial, na medida em que decisões sobre categorias, infraestruturas e modelos passam a depender de agentes externos ao território analisado em posição subordinada na produção e no controle dos fluxos geoinformacionais. Essa condição pode ser interpretada como uma erosão da autonomia territorial, na medida em que decisões sobre categorias, infraestruturas e modelos passam a depender de agentes externos ao território analisado.

A análise foi organizada em três movimentos interpretativos. Primeiro, foram examinadas as relações entre soberania territorial, território usado, técnica e poder. Em seguida, foram analisadas as implicações políticas da circulação de padrões cartográficos e da classificação algorítmica de paisagens. Por fim, essas discussões foram articuladas na elaboração do Marco Conceitual de Autonomia e Soberania Geoespacial, composto por cinco dimensões interdependentes. O objetivo não é estabelecer uma métrica universal de soberania, mas propor categorias capazes de orientar pesquisas empíricas e debates institucionais sobre autonomia geotecnológica.

4 A INFORMAÇÃO GEOESPACIAL COMO INFRAESTRUTURA DE PODER E DECISÃO ESTATAL

A informação geográfica nunca esteve desvinculada do exercício do poder político e econômico. Desde o papel desempenhado pela cartografia sistemática na consolidação dos Estados nacionais europeus e no delineamento dos impérios coloniais até a moderna gestão de redes agroindustriais, mapear significa exercitar um ato de síntese e de seleção intencional sobre o real (GODOY, 2010; REOLON, 2013). No capitalismo contemporâneo, a informação espacial atua como uma infraestrutura básica para o planejamento de transportes, o monitoramento de *commodities*, a cobrança de tributos e a fiscalização ambiental (MORCEIRO, 2012; REOLON, 2013).

A transição dos mapeamentos analógicos em papel para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) digitais ampliou o potencial de modelagem e cruzamento de variáveis socioespaciais (BURROUGH; MCDONNELL, 1998). O dado geográfico digital converteu-se em linguagem de comando para o capital financeiro e corporativo (REOLON, 2013; PEREIRA JÚNIOR, 2011). A possibilidade de que empresas transnacionais disponham de imagens de alta resolução, serviços analíticos e capacidade computacional superiores às disponíveis em instituições públicas pode produzir assimetrias de informação geoespacial. Quando essas assimetrias não são reguladas, elas tendem a ampliar a capacidade de antecipação e intervenção de agentes privados, reduzindo a capacidade pública de acompanhar, fiscalizar e orientar transformações territoriais. (SANTOS, 2005; POLIZEL *et al.*, 2021).

Portanto, a informação geoespacial deve ser compreendida como um bem público estratégico. A fragilidade das instituições estatais na manutenção de programas contínuos de monitoramento territorial cria vazios de informação que tendem a ser preenchidos por iniciativas privadas de interesse restrito. A construção de infraestruturas públicas de dados espaciais, exemplificada no Brasil pelo papel histórico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e por iniciativas como o TerraClass, constitui um dos fundamentos da capacidade estatal de planejamento socioambiental e governança territorial (INPE, 2014; EMBRAPA; INPE, 2025).

5 A CIRCULAÇÃO TRANSNACIONAL DE PADRÕES CARTOGRÁFICOS: ENTRE A TRADUÇÃO CRÍTICA E A IMPOSIÇÃO ONTOLÓGICA (O CASO *CORINE–TERRACLASS* NO CERRADO)

A circulação internacional de metodologias e padrões geotecnológicos suscita debates centrais na Epistemologia da Cartografia (CAETANO *et al.*, 2002). O programa *CORINE Land Cover* (CLC), concebido pela Agência Europeia do Ambiente (EEA) a partir da década de 1980, consolidou-se como

uma referência global em padronização cartográfica (COPERNICUS, 2021; CAETANO *et al.*, 2002). Estruturado em três níveis hierárquicos, com Unidade Mínima Cartografada (UMC) rigorosa de 25 hectares, escala de referência 1:100.000 e regras claras de generalização visual, o CLC foi desenhado para assegurar a comparabilidade intertemporal entre os países membros da União Europeia (COPERNICUS, 2021; CAETANO *et al.*, 2002).

Contudo, quando essa metodologia é transferida para o bioma Cerrado brasileiro, caracterizado por uma matriz ecossistêmica savânica hiperdiversa e por uma dinamologia agropecuária de alta intensidade, emergem tensões entre a busca por interoperabilidade internacional e a preservação das especificidades territoriais locais (SANO *et al.*, 2010; SILVA, 2013). A tensão entre padronização e especificidade territorial pode ser sintetizada na Figura 1.

Figura 1. Tensões entre padrões cartográficos internacionais e especificidades territoriais do Cerrado.

SISTEMA EUROPEU (CORINE LAND COVER - CLC)	REALIDADE DO CERRADO (BRASIL)
Premissas de Contexto Temperado	Complexidade de Contexto Tropical/Savânico
• Paisagens temperadas descontínuas, com transições abruptas.	• Continuidades de formações vegetais (campo limpo a cerradão), com transições graduais.
• Estações do ano bem definidas, com fenologia marcante.	• Dinâmicas sazonais marcadas por seca e chuva, afetando a fenologia de forma distinta.
• Múltiplas safras intra-anuais, baseadas em calendários agrícolas europeus.	• Cultivos e usos do solo adaptados, com diferentes ciclos e intensidades de manejo.
• Unidade Mínima de Cartografia (UMC) de 25 ha, resultando em generalização cartográfica.	• Fragilidade das Veredas e Áreas de Preservação Permanente (APPs), frequentemente ignoradas por UMCs grandes.

Fonte: Elaboração própria.

A legenda do CLC original foi gestada sobre paisagens antropizadas temperadas com marcadas divisões de uso da terra. No Cerrado, as formações vegetais organizam-se ao longo de um contínuo fitofisionômico que transita gradualmente entre formações florestais (matas de galeria, cerradão), savânicas (cerrado stricto sensu) e campestres (campo limpo, campo sujo) (SILVA, 2013; RIBEIRO; WALTER, 1998). A tentativa de enquadrar esse gradiente em categorias rígidas sem a devida adaptação conceitual pode resultar em distorções temáticas.

Da mesma forma, a imposição da UMC de 25 ha, extremamente útil para o ordenamento na escala 1:100.000, pode produzir uma generalização que reduz a visibilidade cartográfica de feições ambientais de extensão reduzida, porém de vital relevância ecossistêmica no bioma, tais como as

Veredas, os campos úmidos e as Áreas de Preservação Permanente (APPs) hídricas estreitas (SILVA, 2013; CARVALHO, 1991).

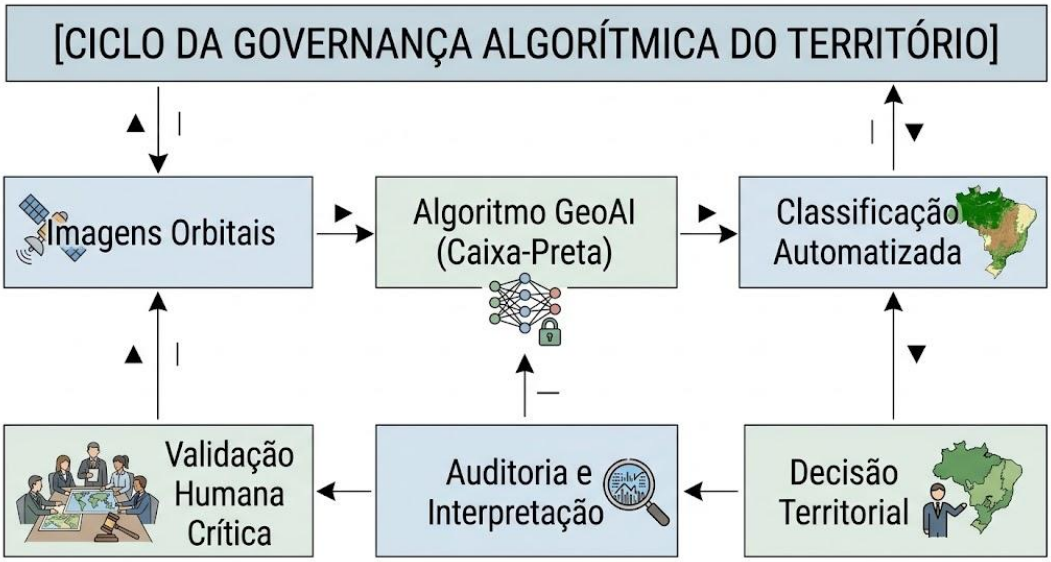
6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GEOESPACIAL (GEOAI), APRENDIZADO PROFUNDO E GOVERNANÇA ALGORÍTMICA DO TERRITÓRIO

A incorporação da inteligência artificial ao processamento de dados geoespaciais marca a expansão de modelos automatizados de classificação, segmentação e detecção de padrões em imagens orbitais (WANG *et al.*, 2023; FLORENZANO, 2002). Embora essas técnicas possam ampliar a velocidade e a escala da produção cartográfica, seu desempenho não pode ser separado das condições institucionais e epistemológicas que estruturam os dados de treinamento, os critérios de validação e os usos políticos dos resultados (WANG *et al.*, 2023). O problema geopolítico não está apenas em saber se um modelo classifica uma imagem com maior ou menor desempenho, mas em identificar quem define as categorias, quem controla os dados de treinamento, quem pode auditar o sistema e quem responde pelas decisões tomadas a partir de sua saída.

Essa questão desloca o debate da acurácia técnica para a autoridade territorial. Um modelo pode apresentar desempenho estatístico elevado e, ainda assim, operar com categorias inadequadas, excluir conhecimentos locais ou favorecer determinadas formas de uso da terra. A governança algorítmica do território exige, portanto, não apenas medir o desempenho de um sistema, mas examinar quem define seus objetivos, quais dados são considerados legítimos e quais consequências recaem sobre os territórios classificados.

Entretanto, do ponto de vista do estudo social da tecnologia e da Geopolítica Crítica, a emergência da GeoAI introduz dilemas sobre a “governança algorítmica do território” (FLEISHER, 2022). Os modelos de aprendizado profundo operam frequentemente como “caixas-pretas” (*black boxes)*, nos quais a combinação de milhões de parâmetros torna opaco o processo pelo qual o algoritmo decide classificar determinado polígono como vegetação secundária ou lavoura temporária (FLEISHER, 2022). A governança algorítmica do território pode ser compreendida como um ciclo no “quais imagens”, dados de treinamento, modelos computacionais, classificações automatizadas, validação humana e decisões institucionais se retroalimentam. Esse processo é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Ciclo da governança algorítmica do território.



Fonte: elaboração própria.

A governança algorítmica do território ocorre quando classificações, previsões ou recomendações produzidas por modelos computacionais passam a orientar políticas públicas, fiscalização, licenciamento, distribuição de investimentos ou monitoramento ambiental. Nesse processo, o algoritmo não substitui simplesmente o Estado; ele reorganiza os circuitos de decisão, deslocando parte da autoridade para infraestruturas técnicas, equipes especializadas, fornecedores privados e bases de dados cuja produção nem sempre é transparente.

Como aponta Fleisher (2022) ao discutir a epistemologia da inteligência artificial explicável (XAI), a utilização de modelos idealizados na ciência permite gerar entendimento sobre fenômenos complexos, mas exige o reconhecimento de suas simplificações estruturais. Na cartografia por GeoAI, a variação fenológica das culturas irrigadas, as queimadas sazonais e as variações de umidade no solo provocam instabilidades na resposta espectral que frequentemente induzem o algoritmo a erros de classificação (SANO *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2023). A defesa cega da automação total oculta o fato de que todo modelo algorítmico carrega o viés dos dados de treinamento utilizados em sua calibração (FLEISHER, 2022). Quando os dados de treinamento são pouco representativos das condições ecológicas, sociais e agrícolas do território analisado, o modelo pode apresentar desempenho desigual e produzir erros sistemáticos. Esse risco é particularmente relevante em contextos tropicais, onde sazonalidade, queimadas, heterogeneidade fitofisionômica e múltiplos ciclos agrícolas desafiam classificadores treinados em outros contextos (FLORENZANO, 2002; BARIOU, 1978).

7 O CERRADO COMO LABORATÓRIO GEOPOLÍTICO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL

O Cerrado brasileiro constitui um dos principais territórios de expansão da agricultura mecanizada no país e desempenha papel estratégico na produção de *commodities*, na regulação hídrica e na conservação da biodiversidade (SANO *et al.*, 2010; SILVA, 2013). A informação produzida sobre o Cerrado pode subsidiar debates sobre cadeias produtivas, compromissos ambientais, conformidade normativa e investimentos associados à sustentabilidade. Contudo, a conversão acelerada de suas coberturas nativas para pastagens e agricultura mecanizada transformou o bioma em um verdadeiro "laboratório geopolítico da informação espacial" (SILVA, 2013; POLIZEL *et al.*, 2021).

De um lado, o Cerrado acolhe o avanço da fronteira agrícola de *commodities* (soja, milho, algodão), caracterizando-se por propriedades de grande extensão e pelo uso intensivo de irrigação por pivô central (BARBALHO *et al.*, 2006; QUIRINO *et al.*, 2011). De outro, abriga nascentes de importantes bacias hidrográficas sul-americanas e uma biodiversidade singular que posiciona o bioma no centro das atenções do debate internacional sobre mudanças climáticas e conservação ambiental (MYERS *et al.*, 2000; POLIZEL *et al.*, 2021).

A disputa pelo controle e pela interpretação dos dados ambientais do Cerrado reflete esse duplo papel geopolítico. Mapeamentos como o TerraClass Cerrado e iniciativas como o MapBiomas (desenvolvido por INPE e EMBRAPA) podem ser interpretados como componentes de uma infraestrutura pública de informação territorial, especialmente quando seus dados são produzidos, documentados e disponibilizados por instituições nacionais. Sua contribuição para a soberania espacial, contudo, depende da continuidade institucional, da autonomia infraestrutural, da transparência metodológica e da capacidade de utilização desses dados na formulação de políticas públicas (INPE, 2014; MAPBIOMAS, 2024; EMBRAPA; INPE, 2025). A informação produzida sobre o Cerrado é utilizada para fundamentar sanções comerciais internacionais, monitorar a conformidade ao Código Florestal e direcionar investimentos sustentáveis (POLIZEL *et al.*, 2021). Portanto, assegurar a soberania sobre a produção de dados territoriais no Cerrado equivale a garantir a capacidade autônoma de defender a soberania alimentar e ecológica do país frente a pressões internacionais (SANTOS, 2005; POLIZEL *et al.*, 2021).

8 CRISTALINA COMO REFERÊNCIA EMPÍRICA E SITUAÇÃO ANALÍTICA

A experiência de Cristalina, em Goiás, é retomada neste artigo não para produzir um novo mapeamento, reavaliar a exatidão temática ou reapresentar a dinâmica de uso da terra analisada em publicação anterior. O município é utilizado como situação empírica para examinar como padrões

cartográficos, escalas de representação e infraestruturas de informação participam da produção política do território.

Em estudo anterior, Soares e Bias (2025) analisaram a adaptação de categorias do *CORINE Land Cover* à base TerraClass Cerrado no município. Naquele trabalho, o foco esteve na construção da legenda adaptada, na análise das mudanças entre 2013 e 2018 e na avaliação da qualidade temática do produto cartográfico. No presente artigo, esses resultados são considerados antecedentes e não constituem resultados originais.

O interesse analítico desloca-se para três questões. A primeira diz respeito à autoridade classificatória: toda legenda define quais objetos, usos e formações serão reconhecidos como unidades relevantes do território. A segunda refere-se à escala: unidades mínimas e regras de generalização produzem ganhos de comparabilidade, mas também podem reduzir a visibilidade de feições de menor extensão. A terceira relaciona-se à autonomia: a capacidade de adaptar padrões externos é distinta da adoção passiva de categorias, pois exige domínio institucional, técnico e epistemológico sobre os critérios utilizados.

Dessa forma, Cristalina funciona como um caso de reflexão sobre a tradução territorial de padrões e não como objeto de uma nova avaliação cartográfica. A questão central não é determinar novamente se a classificação é tecnicamente válida, mas compreender quais relações de poder são incorporadas quando uma realidade ecológica e socioespacial específica é convertida em categorias padronizadas para fins de gestão, comparação e decisão pública.

9 MARCO CONCEITUAL DE AUTONOMIA E SOBERANIA GEOESPACIAL NO SUL GLOBAL

Com o objetivo de sintetizar as condições necessárias para fortalecer a capacidade estatal e a autonomia geotecnológica dos países do Sul Global, propõe-se neste artigo o Marco Conceitual de Autonomia e Soberania Geoespacial. O modelo não deve ser interpretado como uma sequência linear de etapas, mas como um sistema de capacidades articuladas. A autonomia de dados depende de infraestruturas adequadas; a auditabilidade algorítmica requer acesso aos dados, aos códigos e à documentação dos modelos; e a governança democrática exige instituições capazes de interpretar, contestar e utilizar criticamente as informações produzidas.

O marco é estruturado em cinco dimensões interconectadas: autonomia de dados, soberania infraestrutural, auditabilidade algorítmica, adequação territorial-ontológica e governança pública democrática. A articulação entre essas dimensões é apresentada na Figura 3.

Figura 3. Marco conceitual de autonomia e soberania geoespacial.

Dimensão	Pergunta analítica	Risco de dependência	Capacidade soberana
Autonomia de dados 	• Quem produz, preserva e acessa os dados?	• Dependência de bases externas ou privadas	• Acervos públicos e continuidade institucional
Soberania infraestrutural 	• Quem controla armazenamento e processamento?	• Dependência de nuvens e plataformas externas	• Infraestrutura pública e interoperável
Auditabilidade algorítmica 	• Como o sistema produz sua classificação?	• Caixa-preta e vieses	• Código, documentação e auditoria
Adequação territorial 	• As categorias representam o território?	• Homogeneização epistemológica	• Legendas contextualizadas
Governança democrática 	• Quem decide o uso da informação?	• Apropriação corporativa ou tecnocrática	• Participação e controle público

Fonte: Elaboração própria.

As cinco dimensões são interdependentes. A autonomia de dados é limitada quando os dados são armazenados em infraestruturas que não podem ser auditadas; a auditabilidade algorítmica é insuficiente quando as categorias utilizadas não representam adequadamente o território; e a governança democrática não se realiza quando instituições públicas não dispõem de capacidade técnica para interpretar ou contestar os resultados produzidos por sistemas automatizados. O marco proposto deve, portanto, ser entendido como um sistema de capacidades articuladas, e não como uma lista de requisitos isolados.

1. **Autossuficiência de Dados Espaciais:** Garantia de manutenção de programas nacionais e contínuos de sensoriamento remoto e cartografia temática, assegurando o domínio público sobre dados históricos e contemporâneos do território (INPE, 2014).
2. **Soberania Infraestrutural e Tecnológica:** Investimento estatal em capacidade própria de armazenamento e processamento em nuvem pública, reduzindo a dependência crítica em relação a servidores e arquiteturas proprietárias estrangeiras (SANTOS, 2005).
3. **Auditabilidade Algorítmica e Transparência:** Obrigatoriedade de que os modelos de GeoAI aplicados a políticas públicas, licenciamento ambiental e fiscalização territorial utilizem códigos abertos, reproduzíveis e auditáveis por órgãos estatais e pela comunidade científica (FLEISHER, 2022; WANG *et al.*, 2023).
4. **Adequação Ontológico-Territorial:** Flexibilidade para adaptar e traduzir padrões cartográficos internacionais sem suprimir a representação adequada das especificidades ecológicas e

socioespaciais dos biomas tropicais e das populações tradicionais (SILVA, 2013; CAETANO *et al.*, 2002).

5. **Governança Pública e Participativa:** Democratização do acesso à informação territorial, garantindo que o conhecimento geográfico subsidie o planejamento municipal, a justiça socioambiental e o controle social (SANTOS, 2005).

A autonomia de dados refere-se à capacidade de produzir, preservar, documentar e acessar informações territoriais de interesse público. A soberania infraestrutural diz respeito ao controle ou à capacidade de governar os meios técnicos utilizados para armazenar, processar e distribuir esses dados. A auditabilidade algorítmica envolve a possibilidade de examinar modelos, dados de treinamento, critérios de validação e limites de aplicação. A adequação territorial-ontológica corresponde à capacidade de construir categorias que reconheçam as especificidades ecológicas e socioespaciais dos lugares. A governança pública democrática, por fim, diz respeito à transparência, à participação e à responsabilização nas decisões orientadas por informações geoespaciais.

10 DISCUSSÃO: ENTRE A APROPRIAÇÃO TECNOLÓGICA CRÍTICA E A DEPENDÊNCIA ESTRUTURAL

A discussão conceitual conduzida neste manuscrito demonstra que o caminho para o fortalecimento do Sul Global não reside no isolamento autárquico ou na rejeição ingênua de geotecnologias desenvolvidas no exterior. A interoperabilidade internacional, viabilizada pela adaptação crítica de metodologias como o *CORINE Land Cover*, traz benefícios concretos para a comparação transnacional de indicadores de sustentabilidade e compromissos climáticos globais (COPERNICUS, 2021; CAETANO *et al.*, 2002).

Contudo, é preciso diferenciar claramente a "adoção passiva de padrões" da "apropriação tecnológica crítica" (SANTOS, 2005). A adoção passiva ocorre quando órgãos governamentais compram pacotes fechados de dados, *softwares* e modelos automatizados sem dominar o ciclo de produção ou questionar a adequação das legendas impostas. Esse padrão reproduz a dependência estrutural e submete o planejamento público à racionalidade de agentes corporativos remotos (SANTOS, 2005; PEREIRA JÚNIOR, 2011). Em contrapartida, a apropriação crítica, que pode ser exemplificada por experiências de adaptação metodológica realizadas por instituições públicas e universidades, desde que essas experiências mantenham controle sobre os dados, explicitem suas escolhas e preservem a possibilidade de revisão das categorias adotadas, caracteriza-se pela capacidade soberana de intervir no modelo, recalibrar categorias, ajustar limiares de escala e submeter os

resultados automatizados à validação humana e territorialmente contextualizada (SANTOS, 1996, 2005; INPE, 2014). Nesse sentido, a consolidação de iniciativas abertas como o *Brazil Data Cube* representa um passo promissor para fortalecer a independência soberana na era do *Big Data* espacial (EMBRAPA; INPE, 2025).

A autonomia geoespacial não deve ser confundida com isolamento tecnológico. Padrões internacionais podem favorecer cooperação científica, interoperabilidade, monitoramento climático e comparação de indicadores. O problema surge quando a interoperabilidade é tratada como aceitação automática de categorias, infraestruturas e modelos externos. Uma política de autonomia deve combinar abertura para cooperação com capacidade de traduzir, modificar, auditar e, quando necessário, rejeitar padrões que não respondam às necessidades territoriais locais.

11 CONCLUSÃO E AGENDA DE PESQUISA FUTURA

Ao responder à pergunta central deste estudo, conclui-se que a produção e a governança de dados geoespaciais e sistemas de GeoAI reconfiguram de forma decisiva a soberania espacial e a capacidade regulatória dos Estados no Sul Global (SANTOS, 1996, 2005; WANG *et al.*, 2023). A informação geográfica não é neutra; atua como vetor de poder no ordenamento e na valoração do território (BURROUGH; MCDONNELL, 1998). A reflexão desenvolvida a partir da literatura, da análise documental e da experiência empírica anteriormente publicada indica que a soberania espacial contemporânea exige o domínio do ciclo de vida da geoinformação, desde a produção e preservação dos dados até a definição das categorias e a auditoria dos sistemas algorítmicos (SANTOS, 2005). O Marco Conceitual de Autonomia Geoespacial proposto oferece um roteiro analítico para orientar políticas públicas que busquem integrar inovação geotecnológica e justiça territorial (SANTOS, 2005).

O artigo possui limitações próprias de sua natureza teórico-conceitual. A análise não mede diretamente a dependência institucional, o desempenho de modelos de GeoAI ou os efeitos das infraestruturas geoespaciais sobre decisões públicas. O marco proposto deve, portanto, ser compreendido como uma ferramenta analítica a ser testada em estudos comparativos, pesquisas institucionais e avaliações empíricas de políticas territoriais.

Como “agenda de pesquisa futura”, recomenda-se:

1. Investigar os impactos da adoção corporativa de sistemas privados de GeoAI sobre a governança de recursos hídricos em polo de agricultura irrigada no Sul Global (BARBALHO *et al.*, 2006; QUIRINO *et al.*, 2011).

2. Desenvolver metodologias de auditoria e explicabilidade (XAI) aplicadas a algoritmos de aprendizado profundo empregados em mapeamentos oficiais de uso da terra (FLEISHER, 2022; WANG *et al.*, 2023).
3. Analisar arranjos institucionais e regulatórios para garantir a soberania infraestrutural de dados em nuvens públicas na América Latina (SANTOS, 2005).

No Sul Global, a autonomia geotecnológica não depende do isolamento em relação aos padrões internacionais, mas da capacidade de apropriá-los criticamente, submetê-los à validação pública e adaptá-los às condições ecológicas, sociais e políticas dos territórios. A soberania espacial, portanto, deve ser entendida como uma construção institucional, científica e democrática permanente.

NOTA DE TRANSPARÊNCIA SOBRE PUBLICAÇÃO RELACIONADA

Este artigo deriva parcialmente da pesquisa de mestrado do primeiro autor e utiliza como referência empírica a experiência de articulação entre o TerraClass Cerrado e a nomenclatura *CORINE Land Cover* desenvolvida anteriormente pelos autores. Os resultados técnicos do mapeamento, incluindo a adaptação da legenda, a análise de mudanças e a avaliação da exatidão temática, foram publicados em Soares e Bias (2025), na Revista ARACÊ, DOI: 10.56238/arev7n12-080. O presente artigo não reproduz esses resultados como contribuição original. Sua contribuição está na análise teórico-conceitual das relações entre soberania espacial, autonomia geotecnológica, governança algorítmica e produção política da informação territorial.

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

BARBALHO, M. G. S. *et al.* Uso do solo e a irrigação por pivô central na superfície tabular no município de Cristalina - GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. Anais [...]. Goiânia: UFG, 2006. p. 220-233.

BARIOU, R. Manuel de télédétection: photo-interprétation et traitement d'image. Paris: Sodipe, 1978.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CAETANO, M. *et al.* Land cover mapping in Portugal using CORINE Land Cover methodology. Journal of Maps, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1-12, 2002.

CAETANO, M. *et al.*Avaliação da exatidão temática das cartas de uso e ocupação do solo para Portugal Continental: COS1995, COS2007 e COS2010. Lisboa: Direção-Geral do Território (DGT), 2016.

CARD, D. H. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 431-439, 1982.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.

CATELAN, M. J. Heterarquia urbana: a rede urbana não hierárquica e as cidades médias. São Paulo: Expressão Popular, 2011.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: principles and practices. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.

COPERNICUS. CORINE Land Cover: methodology and roadmap. Copenhagen: European Environment Agency (EEA), 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA); INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TerraClass apresenta dados atualizados sobre a cobertura e uso da terra no bioma Cerrado. Brasília: Embrapa; São José dos Campos: INPE, 2025.

FLEISHER, W. Understanding, idealization, and explainable AI. Mind & Language [S. l.], v. 37, n. 4, p. 612-632, 2022.

FLORENZANO, T. G. Imagens de satélites para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GODOY, P. R. T. (Org.). História do pensamento geográfico e epistemologia da Geografia. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Mapeamento do uso e cobertura da terra no bioma Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. São José dos Campos: INPE, 2014.

LEITE, L. A. B. A construção do inimigo nos discursos presidenciais norte-americanos do pós-Guerra Fria. São Paulo: Editora UNESP, 2014.

MAPBIOMAS. Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. São Paulo: MapBiomas, 2024.

MORCEIRO, P. C. Desindustrialização na economia brasileira. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

MYERS, N. *et al.*Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, [S. l.], v. 403, p. 853-858, 2000.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

PEREIRA JÚNIOR, E. Território e economia política: reestruturação produtiva e a nova configuração do capital. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

POLIZEL, S. P. *et al.* Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). Land Use Policy, [S. l.], v. 109, p. 105713, 2021.

QUIRINO, R. D. *et al.*Expansão da agricultura irrigada por pivôs centrais no município de Cristalina - GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 945-952.

REOLON, C. A. Produção industrial e comando do capital no Brasil. Presidente Prudente: UNESP, 2013.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, SMORCEIRO, P. C. Desindustrialização na economia brasileira. P. (Ed.).Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 5. ed. Uberlândia: EDUFU, 2003.

SANO, E. E. *et al.* Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, [S. l.], v. 166, p. 113-124, 2010.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: razão e estrutura, técnica e tempo. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, M. O retorno do território. OSAL: Observatorio Social de América Latina, Buenos Aires, ano 6, n. 16, p. 251-256, 2005.

SILVA, E. B. A dinâmica socioespacial e as mudanças na cobertura e uso da terra no bioma Cerrado. 2013. 148 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SOARES, D. O. 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-Goiás, Brasil. 2020. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica) – NOVA Information Management School, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.

SOARES, D. O.; BIAS, E. S. 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. Revista ARACÊ, São José dos Pinhais, v. 7, n. 12, p. 1-16, 2025. DOI: 10.56238/arev7n12-080.

STEHMAN, S. V.; CZAPLEWSKI, R. L. Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles. Remote Sensing of Environment, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 331-344, 1998.

WANG, X. *et al.* A deep learning method for optimizing semantic segmentation accuracy of remote sensing images based on improved UNet. Scientific Reports, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 1-14, 2023.