



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

Fábio Chaves Valente

**Avaliação das Inconsistências no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus
Impactos na Política Fiscal**

Florianópolis

2026

Fábio Chaves Valente

Avaliação das Inconsistências do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus Impactos na Política Fiscal

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira

Florianópolis

2026

Valente, Fábio Chaves

Avaliação das Inconsistências do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus Impactos na Política Fiscal / Fábio Chaves Valente ; orientador, Carlos Antônio Oliveira Vieira, 2026.

90 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Cadastro Ambiental Rural. 3. Imposto Territorial Rural. 4. Cadastro Territorial Multifinalitário. 5. Geotecnologias. I. Vieira, Carlos Antônio Oliveira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Fábio Chaves Valente

**Avaliação Das Inconsistências No Cadastro Ambiental Rural (CAR) E Seus Impactos
Na Política Fiscal**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 09 de dezembro de 2025 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Daniel Alves Aguiar, Dr.
Canopy Remote Sensing Solutions

Prof. Everton da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Júlio César de Oliveira, Dr.
Instituição Universidade Federal de Viçosa

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Rogério Cid Bastos
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Carlos Antônio Oliveira Vieira, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2026.

Ao meu pai Antônio, (in memoriam), cuja presença permanece viva em cada conquista e cujo exemplo de força e integridade continua guiando meus passos.

À minha mãe Vilani, pelo amor incondicional, pelo apoio silencioso e pela fé que sempre depositou em mim.

À minha companheira Lílian, pela parceria diária, compreensão e incentivo nos momentos mais desafiadores desta jornada.

E à minha filha Sofia, fonte inesgotável de inspiração, esperança e propósito.

A todos vocês, dedico este trabalho com profundo amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio total da Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil (RFB). Ao concluir esta jornada acadêmica, é com imensa gratidão que reconheço todas as pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste trabalho. Agradeço, especialmente, à Coordenação-Geral de Cadastro e Benefícios Fiscais (COCAD) e seu corpo técnico, pois sem o seu apoio não seria possível executar a presente pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG) da UFSC, pela excelência acadêmica e estrutura proporcionada, especialmente ao Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira, meu orientador, pela confiança depositada, pela orientação precisa e pelo constante incentivo. Suas contribuições foram fundamentais para o amadurecimento desta pesquisa e para minha formação como pesquisador.

Ao Prof. Dr. Rogério Cid Bastos, coordenador do PPGTG, e aos demais mentores pelos valiosos *insights* sobre geotecnologias e pelas discussões que enriqueceram significativamente este trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pelas criteriosas avaliações e sugestões que aprimoraram esta dissertação.

Aos colegas dessa jornada, pelas discussões enriquecedoras, apoio técnico e companheirismo ao longo desta jornada.

Agradeço, ainda, minha família, pelo amor incondicional, paciência e compreensão durante os momentos de ausência e dedicação integral a este trabalho, especialmente à minha companheira Lílian que se manteve sempre ao meu lado em toda essa trajetória.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigado!

RESUMO

O Cadastro Ambiental Rural (CAR), instituído pela Lei Federal nº 12.651/2012, é um registro que reúne informações sobre os imóveis rurais, áreas de interesse ambiental e uso da terra. Ele foi concebido, no âmbito do Novo Código Florestal, para ser um instrumento obrigatório para a regularização ambiental das propriedades rurais. Também, é uma importante ferramenta para a gestão territorial e tributária do país.

Contudo, as inconsistências significativas no CAR, relatadas na literatura e por usuários desse registro, tais como sobreposições de imóveis, subnotificação de Área de Proteção Permanente e de Floresta Nativa e superestimativa de Reserva Legal, bem como a fragmentação e falta de integração entre bases cadastrais oficiais brasileiras impactam negativamente a gestão ambiental e a tributação rural, uma vez que as áreas ambientais declaradas por seus proprietários/possuidores (reserva legal, APP, floresta nativa, entre outras) são isentas da tributação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR).

O CAR e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) operam sem integração, enquanto a Declaração do Imposto Territorial Rural (DITR) apresenta dados inconsistentes em relação à realidade espacial e o uso dos imóveis devido ao caráter autodeclaratório. O objetivo desta pesquisa é analisar essas inconsistências em oito (08) municípios na região do MATOPIBA piauiense, com o uso de geotecnologias e análise espacial, para comparar as informações do CAR com a realidade territorial e com outras bases cadastrais (SIGEF, CNIR, DITR), para identificar as discrepâncias que afetam o cálculo do ITR e comprometem a governança ambiental. Os resultados mostram que aproximadamente 57% das áreas cadastradas no CAR apresentam sobreposições, o que equivale a 2,9 milhões de hectares.

A análise comparativa com o SIGEF revelou que apenas 20% dos imóveis mantêm geometria consistente entre os sistemas. O índice de *Gini* calculado (0,879) demonstra concentração fundiária extrema na região. Estima-se uma perda anual de arrecadação do ITR de aproximadamente R\$ 61 milhões apenas nos municípios estudados, o que deixa evidente a urgência da integração entre os cadastros para garantir consistência das informações e eficácia de políticas ambientais e fiscais.

Por fim, propõe-se um modelo teórico de validação dos dados do CAR, com o uso de tecnologias de sensoriamento remoto, inteligência artificial e sistemas de informação geográfica, além de apresentar diretrizes para a implementação de um Cadastro Territorial Multifinalitário Rural integrado, contribuindo para o aprimoramento da governança fundiária, ambiental e tributária no Brasil.

Palavras-chave: Cadastro Ambiental Rural. Imposto Territorial Rural. Geotecnologias. Cadastro Territorial Multifinalitário.

ABSTRACT

The Rural Environmental Registry (Cadastro Ambiental Rural – CAR), established by Federal Law No. 12,651/2012, is a database that compiles information on rural properties, environmentally sensitive areas, and land use. Within the framework of the New Forest Code, it was conceived as a mandatory instrument for the environmental regularization of rural properties. It is also an important tool for territorial and tax administration in Brazil.

However, significant inconsistencies in the CAR, reported both in the literature and by system users—such as overlapping property boundaries, underreporting of Permanent Preservation Areas (APP) and native forests, and overestimation of Legal Reserves—combined with the fragmentation and lack of integration among official Brazilian cadastral databases negatively impact environmental management and rural taxation. This occurs because environmentally designated areas declared by landowners or occupants (Legal Reserve, APP, native forest, among others) are exempt from the Rural Land Tax (ITR).

The CAR and the National Rural Land Registry (CNIR) operate without interoperability, while data reported in the Rural Land Tax Declaration (DITR) are often inconsistent with the spatial reality and land use due to their self-declaratory nature. The objective of this research is to analyze these inconsistencies in eight municipalities in the MATOPIBA region of Piauí, using geotechnologies and spatial analysis to compare CAR information with territorial reality and with other cadastral systems (SIGEF, CNIR, DITR), in order to identify discrepancies that affect ITR calculations and compromise environmental governance. The results show that approximately 57% of CAR-registered areas exhibit overlaps, amounting to 2.9 million hectares.

Comparative analysis with SIGEF revealed that only 20% of properties maintain consistent geometry across systems. The calculated Gini index (0.879) indicates extreme land concentration in the region. Annual ITR revenue losses are estimated at approximately BRL 61 million in the municipalities studied alone, highlighting the urgency of integrating cadastral systems to ensure data consistency and the effectiveness of environmental and fiscal policies.

Finally, this dissertation proposes a theoretical model for CAR data validation using remote sensing technologies, artificial intelligence, and geographic information systems. It also presents guidelines for implementing an integrated Rural Multipurpose Land Cadastre, contributing to improved land, environmental, and tax governance in Brazil.

Keywords: Rural Environmental Registry (CAR); Rural Land Tax (ITR); Geotechnologies; Multipurpose Rural Land Cadastre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tela do CAR – Módulo Cadastro	28
Figura 2. Construção da Curva de Lorenz para cálculo do índice de Gini	40
Figura 3. Mapa do Matopiba.....	42
Figura 4. Mapa da cultura da soja no Cerrado para o ano safra: 2013/14, destacando regiões que apresentaram significativa expansão da sojicultura.....	43
Figura 5. Mapa da cultura da soja no Cerrado para o ano safra: 2022/23, destacando regiões que apresentaram significativa expansão da sojicultura.....	44
Figura 6. Localização da Área de Estudo.....	46
Figura 7. Classificação do Uso da Terra	49
Figura 8. Fluxo da Metodologia da Pesquisa	51
Figura 9. Sobreposições no CAR.....	60
Figura 10. Sobreposição espacial detalhada de imóveis no CAR	61
Figura 11. Imóveis com geometrias semelhantes no CAR e SIGEF/SNCI.	62
Figura 12. Áreas de Interseção entre o CAR e o SIGEF	63
Figura 13. Áreas ambientais sobrepostas a áreas cuja classe são Culturas e Pastagens	64
Figura 14. Áreas de cultivo agrícola declaradas como Reserva Legal no CAR	65
Figura 15. Inconsistência ambiental encontrada na base do CAR.....	66
Figura 16. Reserva Legal declarada em área de cultivo agrícola.....	67
Figura 17. Curva de Lorenz, Índice de Gini e Distribuição das Áreas dos Imóveis ...	68
Figura 18. Áreas ambientais declaradas no CAR que estão sobrepostas a áreas de culturas agrícolas e pastagens.....	70
Figura 19. Fluxograma do Nível 1: Validação Automática.....	72
Figura 20. Fluxograma do Nível 2: Validação Semiautomática	73
Figura 21. Fluxograma do Nível 3: Validação Técnica	75
Figura 22. Fluxograma do Nível 4: Fiscalização <i>in loco</i>	77
Figura 23. Fluxograma completo do modelo de validação do CAR.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Dissertações com afinidade com a pesquisa	20
Quadro 2 - Cadastros Rurais no Brasil.....	23
Quadro 3. Dados Cadastrais dos Imóveis Rurais da Área de Estudo	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Alíquotas do ITR (%)	34
Tabela 2. Evolução da Arrecadação do ITR em valores reais - Valores corrigidos pelo IPCA para 2024	36
Tabela 3. Dados dos Municípios piauienses da região do Matopiba.....	45
Tabela 4. Indicadores Socioeconômicos dos Municípios da Área de Estudo	56
Tabela 5. Quantidade de Imóveis Rurais por Base Cadastral.....	58
Tabela 6. Quantidade e Área dos Imóveis Rurais por Base Cadastral	58
Tabela 7. Quantidade de Declarações e Arrecadação do ITR/2024	69
Tabela 8. Projeção do <i>tax gap</i> com base na DITR/2024.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	Ato Declaratório Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
AUR	Área de uso restrito
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CAFIR	Cadastro de Imóveis Rurais
CIB	Cadastro Imobiliário Brasileiro
CIR	Código do Imóvel Rural
CNIR	Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DITR	Declaração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural
EG	Exatidão Global
FIG	Federação Internacional dos Geômetras
FMP	Fração Mínima de Parcelamento
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano
GEE	Google Earth Engine
GEOBIA	Análise Geográfica de Imagens Baseada em Objetos
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GU	Grau de Utilização
IN	Instrução Normativa
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
ITR	Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MF	Módulo Fiscal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MGI	Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos

NTGIR	Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais
PIB	Produto Interno Bruto
PPGTG	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
PSA	Pagamento Por Serviços Ambientais
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
QGIS	Quantum GIS
RFB	Receita Federal do Brasil
RL	Reserva Legal
RPPN	Reserva Particular Do Patrimônio Natural
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGEF	Sistema de Gestão Fundiária
SINIMA	Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
SIPT	Sistema de Preços de Terras
SNCR	Sistema Nacional de Cadastro Rural
SR	Sensoriamento Remoto
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VTN	Valor da Terra Nua
VTNt	Valor da Terra Nua Tributável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	18
1.2	ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GESTÃO TERRITORIAL (PPGTG).....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	CADASTRO TERRITORIAL E ADMINISTRAÇÃO DE TERRAS: O SISTEMA CADASTRAL BRASILEIRO.....	21
2.1.1	Evolução Histórica do Sistema Cadastral Brasileiro	21
2.1.2	Panorama Atual dos Cadastros Rurais Brasileiros	23
2.2	CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR)	26
2.3	TRIBUTAÇÃO RURAL E GESTÃO AMBIENTAL	31
2.3.1	O Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)	31
2.3.2	Cálculo do ITR e Áreas Isentas	32
2.3.3	A Arrecadação do ITR	35
2.3.4	Tax Gap do ITR	37
2.3.5	Tributação Ambiental e Extrafiscalidade	38
2.4	CONCENTRAÇÃO FUNDIÁRIA.....	38
2.4.1	Contexto Histórico	38
2.4.2	Índice de Gini e a Concentração Fundiária no Brasil	39
2.5	GEOTECNOLOGIAS NA ADMINISTRAÇÃO TERRITORIAL	40
3	MATERIAIS E MÉTODO	41
3.1	ÁREA DE ESTUDO	41
3.1.1	Região do Matopiba	41
3.1.2	Matopiba Piauiense	42
3.2	MATERIAIS	47
3.2.1	Dados Cadastrais	47
3.2.2	Demais Dados	47
3.2.3	Softwares e Ferramentas	49
3.3	MÉTODOS	50
3.3.1	Aquisição e Tratamento de Dados	52
3.3.1.1	<i>Download e Organização dos dados</i>	52
3.3.1.2	<i>Padronização de Coordenadas</i>	52

3.3.1.3	<i>Edição dos registros do CAR</i>	52
3.3.2	Análise das Inconsistências Espaciais	52
3.3.3	Classificação dos Imóveis Rurais	53
3.3.4	Concentração Fundiária	53
3.3.5	Impactos Tributários	54
3.3.6	Impactos Ambientais	54
3.3.7	Desenvolvimento do Modelo de Validação Proposto	54
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	56
4.1	CARACTERIZAÇÃO DETALHADA DA ÁREA DE ESTUDO.....	56
4.2	INCONSISTÊNCIAS CADASTRAIS IDENTIFICADAS.....	57
4.2.1	Bases Cadastrais Divergentes	57
4.2.2	Sobreposições no CAR	59
4.2.3	Inconsistências Espaciais entre o CAR e o SIGEF/SNCI	61
4.2.4	Inconsistências Espaciais em Áreas Ambientais	63
4.3	CONCENTRAÇÃO FUNDIÁRIA.....	67
4.4	IMPACTOS TRIBUTÁRIOS DAS INCONSISTÊNCIAS.....	69
4.5	MODELO TEÓRICO DE VALIDAÇÃO	71
5	CONCLUSÃO	80
5.1	OBJETIVOS ALCANÇADOS.....	80
5.2	SINTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS DA PESQUISA.....	81
5.3	RECOMENDAÇÕES	82
5.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	83
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
	REFERÊNCIAS	86

1 INTRODUÇÃO

Uma administração territorial eficiente é um instrumento fundamental para o desenvolvimento sustentável e a promoção da justiça social de um país. No Brasil, que tem dimensão continental, com aproximadamente 8,5 milhões de km², a questão fundiária tem grande relevância, visto que, historicamente, é marcada por conflitos, concentração de terras, irregularidades na ocupação e degradação do meio ambiente.

O sistema cadastral brasileiro, fragmentado em múltiplas bases de dados desarticuladas e que não define a propriedade de forma inequívoca, reflete a complexidade da gestão fundiária nacional. Segundo dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), existem mais de 6,5 milhões de imóveis rurais cadastrados no Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR), enquanto o Censo Agropecuário de 2017 registrou apenas 5,07 milhões de estabelecimentos rurais. Esta divergência de aproximadamente 28% evidencia inconsistências estruturais que comprometem a efetividade das políticas públicas.

A Lei Federal 12.651/2012, que instituiu o Código Florestal Brasileiro, criou o Cadastro Ambiental Rural (CAR), no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), e o tornou obrigatório para todos os imóveis rurais. O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

Até novembro de 2024, segundo dados atualizados em 5 de fevereiro de 2025, o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) contabilizava o cadastro de 7.686.134 imóveis, somando uma área de 701.275.960,63 hectares, representando aproximadamente 82% do território nacional (CAR, 2025). Este volume expressivo de informações posiciona o CAR, segundo MATIAS et al. (2024), como a mais ampla base de dados de imóveis rurais do país, superando significativamente os registros do SNCR e do Censo Agropecuário.

Mesmo não tendo sido concebido para ser uma base fundiária, o CAR é um registro que reúne informações sobre os imóveis rurais, áreas de interesse ambiental e uso da terra, tornando-se, de fato, uma importante ferramenta para a gestão territorial e tributária do país, que influencia diretamente políticas públicas que vão desde a concessão de crédito rural até a fiscalização ambiental e a arrecadação

tributária. Sua importância foi ampliada com a Lei 14.932/2024, que autorizou o uso do CAR para fins de apuração da área tributável do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), substituindo a obrigatoriedade do Ato Declaratório Ambiental (ADA).

O modelo de cadastramento do CAR, baseado em autodeclaração sem o necessário rigor técnico, juntamente com a falta de validação tempestiva dos dados registrados, a diversidade de interpretações sobre a legislação e a ausência de integração com os cadastros rurais existentes, favorece o surgimento de inconsistências significativas. Estas incluem inúmeras sobreposições espaciais, dados incompletos, georreferenciamento impreciso e divergências entre informações declaradas e a realidade do uso da terra.

Para realizar o cadastro de um imóvel rural no SICAR são necessárias informações sobre o imóvel, sobre os proprietários/posseiros/arrendatários e informações georreferenciadas a respeito da demarcação de características físicas específicas do imóvel. Durante o cadastro, a partir de imagens de satélite fornecidas pelo sistema, o usuário pode tanto desenhar polígonos como carregar informações georreferenciadas elaboradas previamente (MATIAS *et al.*, 2024).

Os procedimentos gerais para registro do imóvel rural no CAR estão definidos na Instrução Normativa (IN) 02/2014 do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Esse normativo não exige profissional especializado para gerar os dados apresentados. OLIVEIRA e OLIVEIRA (2019), destacam que é permitido, assim, que o próprio produtor rural ou qualquer pessoa leiga, maior de 18 anos e/ou por ele autorizada, faça a planta cadastral do seu imóvel, definindo a delimitação do perímetro e das respectivas áreas de conservação diretamente sobre a imagem de satélite disponível na constelação *RapidEye*, com 5m de resolução espacial. Nesse processo, são delimitados tanto os limites dos imóveis quanto os limites dos atributos ambientais contidos em cada imóvel (MATIAS *et al.*, 2024).

Para SCOLFARO (2014, apud OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2019), especialistas consideram menos preciso esse método de delimitação das áreas, baseado em imagens de escala 1:50.000, devido à grande diferença em relação à escala de visualização do módulo de cadastro, que pode chegar a 1:5.000. Esta imprecisão metodológica e a falta de validação sistemática comprometem a confiabilidade dos dados e, conseqüentemente, a eficácia do CAR como instrumento de gestão.

Assim, seus dados devem ser usados e analisados com certo cuidado, pois, além das inconsistências já observadas, há divergências com outras fontes de dados. Por exemplo, o Censo Agropecuário de 2017, realizado e divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), registrou 5.073.324 estabelecimentos rurais, que totaliza uma área de 351.289.816 ha. Ou seja, apenas 66% dos imóveis e 50% da área que constavam no CAR em novembro de 2024. No Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR), em 2020, constavam 6.562.058 imóveis rurais que abrangiam uma área de 731.059.518 ha. Conforme pode-se observar, a base do CAR está mais próxima da base do SNCR em termos de área (96%), entretanto o SNCR é outra base que tem vários problemas, principalmente nas informações dos imóveis cadastrados antes de 2013, como vários casos em que as áreas desses foram informadas em metros quadrados quando deveria ser em hectares, como também há imóveis replicados e outros que foram incorporados e ainda mantêm o registro ativo.

Em 2013 foi implantado o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), uma ferramenta eletrônica desenvolvida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) para subsidiar a governança fundiária do território nacional. Por ele são efetuadas a recepção, validação, organização, regularização e disponibilização das informações georreferenciadas de limites de imóveis rurais, públicos e privados, bem como são realizadas a certificação de dados referentes a limites de imóveis rurais (BRASIL, 2013). O SIGEF recebe informações georreferenciadas por meio do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e utiliza Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para garantir a exatidão dos dados.

Além de impactar nas políticas ambientais e fundiárias, as inconsistências no CAR também têm repercussões nas políticas fiscais, principalmente na apuração e arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), que é um tributo direto, autodeclaratório, de apuração anual, cujo o fato gerador é a propriedade, o domínio útil ou a posse de imóvel por natureza, localizado fora da zona urbana do município, em 1º de janeiro de cada ano, calculado sobre o valor de mercado do mesmo na data do fato gerador.

Isso se deve ao fato de serem isentas da incidência do ITR as áreas: de preservação permanente e de reserva legal, previstas na Lei 12.651/2012; de interesse ecológico para a proteção dos ecossistemas; cobertas por florestas nativas; reserva particular do patrimônio natural e de servidão ambiental (BRASIL, 1996).

Os dados ambientais, informados na Declaração do Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural (DITR) até 2024 eram cruzados com o *Ato Declaratório Ambiental (ADA)*, enviados pelos proprietários dos imóveis rurais ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Após essa data, a Lei 14.932/2024 revogou a obrigatoriedade da apresentação desse instrumento para fins de apuração da área tributável do imóvel rural no momento da declaração do ITR e autorizou o produtor rural a apresentar o CAR para esse fim.

Para ANTUNES (2018), o fato de o imposto sobre a propriedade na territorialidade rural ter sido historicamente declaratório é decisivo para um grande número de fraudes ocorridas em relação à ocupação de terra, bem como para a evasão da receita do ITR. Ressalte-se, ainda, o fato de que no CAR, também autodeclaratório, há inconsistências significativas, já relatadas na literatura e por usuários desse registro, tais como sobreposições de imóveis, subnotificação de Área de Proteção Permanente e de Floresta Nativa e superestimativa de Reserva Legal, que podem causar impactos relevantes na tributação dos imóveis rurais, uma vez que as áreas ambientais declaradas por seus proprietários/possuidores são isentas da tributação do ITR.

O presente estudo analisa as discrepâncias entre as informações contidas no CAR com a realidade dos imóveis rurais, avalia o impacto direto delas na arrecadação tributária, na governança de terras e na gestão ambiental, bem como propõe um modelo, teórico, de validação dos dados inseridos nesse registro e mostra a importância da criação Cadastro Territorial Multifinalitário Rural. Para isso, foi realizado um estudo de caso em uma área da região do Matopiba piauiense, que engloba oito (08) municípios, com análise dos dados disponíveis em bases públicas e a utilização de ferramentas de geotecnologias, principalmente de sensoriamento remoto e SIG, para obter, classificar e analisar imagens de satélites e, assim, comparar as informações contidas no CAR com a realidade dos imóveis rurais.

1.1 OBJETIVOS

Analisar as inconsistências espaciais e declaratórias do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e avaliar seus impactos na arrecadação tributária. Tendo como objetivos específicos:

- A. Caracterizar os principais tipos de inconsistências espaciais e declaratórias no CAR;
- B. Quantificar os impactos das inconsistências cadastrais na arrecadação do ITR, com a estimativa do *tax gap* e o potencial de recuperação de receita tributária;
- C. Propor um modelo teórico de validação dos dados do CAR, considerando aspectos técnicos, legais e operacionais.

1.2 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GESTÃO TERRITORIAL (PPGTG)

Esta pesquisa trata da avaliação das inconsistências no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus impactos nas políticas ambiental e fiscal. Como tal, está inserida na área de concentração Gestão Territorial e Ambiental e na linha de pesquisa Planejamento e Gestão do Território. O tema está diretamente relacionado ao planejamento territorial, gestão ambiental, políticas públicas e uso sustentável dos recursos naturais. Neste trabalho, realizado no âmbito do Laboratório de Geotecnologias e Gestão Territorial, focou-se no detalhamento dos métodos de análise de inconsistências no CAR, utilizando geotecnologias e sensoriamento remoto, e na avaliação dos impactos dessas inconsistências na arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) e na governança fundiária.

No histórico do PPGTG, foram encontradas 87 dissertações que guardam afinidade com o tema deste trabalho. No Quadro 1, a seguir, estão destacados os trabalhos considerados de contexto mais próximo ao desta dissertação.

Quadro 1. Dissertações com afinidade com a pesquisa

Ano	Autor	Título no Formato ABNT
2023	THEISGES, Ana Cristina. Orientador: Everton da Silva	Análise e estruturação de dados para implementação do Código Florestal Brasileiro: contribuições para avaliação de conformidade da reserva legal.
2020	MASTELLA, André Fabiano Meller Orientador: Everton da Silva	Diagnóstico sobre a inter-relação do cadastro territorial e os instrumentos de política urbana: estudo de caso para o município de Nova Veneza-SC.
2018	ULIANA, Suzelly Orientador: Lia Caetano Bastos	Área de preservação permanente e urbanização consolidada: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Passa Vinte, município de Palhoça/SC.
2017	PANCHINIAC, Thiago Orientador: Francisco Henrique de Oliveira	Discussão sobre modelos conceituais relacionados ao cadastro territorial: estudo de caso de Joinville.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se perceber que há trabalhos que têm contexto de aplicação no mesmo setor da presente dissertação, como a análise de áreas de preservação permanente e a regularização fundiária, que utilizaram matérias e métodos que serão aplicados nesta dissertação, como de geotecnologias e sensoriamento remoto. No primeiro caso, destacam-se os trabalhos de THEISGES (2023) e ULIANA (2018), que abordam temas diretamente relacionados ao CAR, como a conformidade da reserva legal e as áreas de preservação permanente. Já os trabalhos de MASTELLA (2020) e PANCHINIAC (2017), o tema cadastro territorial teve por abordagem a integração entre cadastro e políticas públicas, o que reforça a relevância do CAR como ferramenta de gestão territorial.

Observando-se o histórico de trabalhos do PPGTG, nota-se que a presente dissertação traz como contribuição específica a análise das inconsistências no CAR e seus impactos diretos na arrecadação do ITR e na governança fundiária, utilizando geotecnologias e sensoriamento remoto para validação dos dados. Nesse sentido, esta dissertação pode vir a ser subsídio para novas pesquisas em campos como a integração de cadastros rurais, harmonização entre as políticas ambiental, fundiária e tributária, além de estimular o desenvolvimento de métodos de validação de dados ambientais e fundiários com o uso de geotecnologias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico, onde aborda o cadastro territorial e administração de terras, o sistema cadastral brasileiro, o Cadastro Ambiental Rural, a tributação rural e gestão ambiental, a concentração fundiária, as experiências internacionais de cadastro multifinalitário e geotecnologias aplicadas à administração territorial.

2.1 CADASTRO TERRITORIAL E ADMINISTRAÇÃO DE TERRAS: O SISTEMA CADASTRAL BRASILEIRO

O cadastro territorial, segundo a *Federação Internacional dos Geômetras* (FIG), é definido como um sistema de informação baseado em parcelas que registra informações sobre interesses relacionados à terra (propriedade, posse, uso). Para WILLIAMSON *et al.* (2010), um cadastro moderno deve integrar quatro componentes essenciais: dimensão jurídica (direitos, restrições e responsabilidades), dimensão física (localização e limites das parcelas), dimensão econômica (valor e uso da terra) e dimensão ambiental (recursos naturais e restrições ambientais).

LOCH e ERBA (2007) definem cadastro territorial como "o inventário oficial e sistemático dos bens imóveis de um país ou região, contendo informações geométricas, jurídicas, fiscais e econômicas". Um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), por sua vez, é aquele que serve a múltiplos propósitos - fundiários, tributários, ambientais, de planejamento - através da integração de diferentes bases de dados com identificador único de propriedade.

2.1.1 Evolução Histórica do Sistema Cadastral Brasileiro

APPY (2015), mostra que há, no Brasil, uma multiplicidade de cadastros de imóveis rurais que, em grande medida, não se comunicam. Esta fragmentação tem raízes históricas profundas, remontando ao sistema sesmarial colonial e perpetuada pela Lei de Terras de 1850, que instituiu a propriedade privada da terra sem, contudo, estabelecer um sistema cadastral efetivo. Para SANTOS NETO (2021) as cartas donatárias e forais (do sistema sesmarial) constituem a fonte primeva do sistema de leis da estrutura fundiária da América portuguesa.

Em 30 de novembro de 1964 é publicada a Lei nº 4.504, o Estatuto da Terra, que, segundo CARNEIRO *et al.* (2010), traz a primeira referência na legislação agrária brasileira sobre o Cadastro de Imóveis Rurais.

Em 1972, continuam CARNEIRO *et al.* (2010), a Lei 5.868 instituiu o atual Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR), de responsabilidade do INCRA, um cadastro de natureza declaratória, embora os imóveis de interesse para reforma agrária tenham suas informações produzidas pelo próprio instituto. Para KORTING (2018) o cadastro tinha natureza extrafiscal e foi criado para melhorar a tomada de decisões políticas, tendo em vista que a matrícula do imóvel passou a solicitar dados da família, natureza da posse e forma de administração, valor das benfeitorias, equipamentos e instalações existentes, condições da exploração e uso da terra.

Para CARNEIRO *et al.* (2010), a Lei 10.267/2001 representou um marco significativo ao criar o CNIR, cuja gestão deve ser compartilhada entre o Incra e a RFB, e que, ainda, estabeleceu o georreferenciamento de imóveis rurais nos casos de transferência de titularidade, alteração de limites e ações judiciais. Exige, ainda, o intercâmbio de informações entre o Incra e os cartórios, responsáveis pelo registro de propriedades imóveis.

O motivo propulsor dessa inovação legislativa, segundo CARNEIRO *et al.* (2012), foi a necessidade de acabar com a ocupação ilegal de terras públicas mediante a criação de instrumentos que pudessem identificá-las, separando-as do patrimônio privado. Essa lei, segundo TOLEDO e BERTOTTI (2014), iniciou a discussão a respeito da precisão posicional dos vértices que compõem o perímetro dos imóveis, das técnicas a serem utilizadas, dos equipamentos e dos profissionais habilitados para tal trabalho. Isso culminou na elaboração, em 2003, pelo Incra, da primeira Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR) com o propósito de orientar os profissionais que atuam no mercado de demarcação, medição e georreferenciamento de imóveis rurais.

Contudo, continuam TOLEDO e BERTOTTI (2014), o processo de georreferenciamento de imóveis rurais no Brasil continuava de forma lenta e ineficaz, com custo alto e muita demanda de técnicos e com o objetivo de contornar essa situação, o Instituto lança em 2013 a 3ª NTGIR e cria o SIGEF, ferramenta eletrônica desenvolvida para subsidiar a governança fundiária do território nacional, responsável por todos os processos de certificação de imóveis rurais no Brasil. Segundo APPY (2015), como são encaminhadas ao INCRA as informações georreferenciadas dos

imóveis rurais para validação e certificação pelo SIGEF, este possibilitou ao órgão ter um cadastro georreferenciado de imóveis rurais com maior precisão e confiabilidade.

2.1.2 Panorama Atual dos Cadastros Rurais Brasileiros

Atualmente, coexistem no Brasil uma multiplicidade de cadastros rurais (SNCR, Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), SIGEF, CAR e Cadastro de Imóveis Rurais (CAFIR)), cada um com objetivos, gestores e características específicas, conforme apresentado no Quadro 2, sem coordenação efetiva e que não compartilham um identificador territorial único.

Quadro 2 - Cadastros Rurais no Brasil

Cadastro	Gestor	Objetivos	Base Legal	Dados Principais	Cobertura
CIR/SNCR	Incra	Conhecer a estrutura fundiária e a ocupação do meio rural brasileiro.	Lei 5.868/1972	Código do Imóvel Rural; Denominação; Município; UF; Área Total; CPF/CNPJ; Classificação fundiária.	6,7 milhões de imóveis
CAFIR	RFB	Controle tributário do ITR	Lei 9.393/1996	Dados fiscais dos proprietários; Localização; Áreas; Valores; Grau de utilização.	8,1 milhões de imóveis ativos (2022)
CNIR	Incra/RFB	Unificar, em um único cadastro, as informações do cadastro do CIR/SNCR e do CAFIR.	Lei 10.267/2001	Identificação; Localização; Dimensão; Tributação	7,8 milhões de imóveis
SIGEF	Incra	Visa certificar o processo de georreferenciamento dos imóveis rurais.	Lei 10.267/2001	Informações georreferenciadas certificadas; Memorial descritivo; Documentação	1,6 milhões de parcelas certificadas
CAR	MGI	Verificar o cumprimento das exigências do Código Florestal.	Lei 12.651/2012	Geometria dos imóveis; APP; RL; Vegetação nativa; Uso consolidado	8,1 milhões de imóveis cadastrados

Fonte: o autor, com base em dados oficiais (2025).

CARNEIRO *et al.* (2010), ainda mencionam que, além desses cadastros, existem os de terras indígenas, de terras públicas da União, cada um com base própria de informações descritivas e gráficas, o que dificulta o estabelecimento de um cadastro multifinalitário, pois uma das condições para isso é a utilização de uma unidade territorial comum com identificador unívoco. O Código do Imóvel Rural (CIR)

do INCRA, o número do CAFIR da RFB¹, o código do CAR e o identificador do SIGEF são todos distintos e não relacionados, o que impossibilita a integração automática

Esta multiplicidade e a fragmentação dos cadastros, além da duplicação de esforços, gera consequências significativas, que comprometem a governança e a confiabilidade das informações fundiárias. A ausência de interoperabilidade entre esses sistemas dificulta o controle sobre a ocupação, uso e tributação das terras rurais. Para APPY (2015), a inexistência de um cadastro abrangente de imóveis georreferenciado e acessível pela Receita Federal e pelos Municípios (quando estes são responsáveis pela cobrança do imposto) é, provavelmente, o principal motivo para a precariedade na fiscalização de informações inexatas fornecidas pelos proprietários rurais quando da apuração do ITR.

Para CARNEIRO *et al.* (2012) um dos grandes desafios para a unificação dos Cadastros Rurais passa pela necessidade de compatibilização metodológica e conceitual. Cada sistema tem critérios diferentes de validação e controle de qualidade. O SIGEF exige precisão posicional de centímetros, enquanto o CAR aceita delimitação manual sobre imagens de satélite. O SNCR é autodeclaratório sem validação geométrica, enquanto o SIGEF requer certificação técnica. Há ainda a questão do uso de diferentes sistemas de referência geodésica e projeções cartográficas.

LASKOS *et al.* (2016) argumentam que unificação dos esforços cadastrais permite considerar as características socioambientais de uma região, identificar problemas ambientais e de demarcação fundiária, conflitos no uso da terra e, assim, definir políticas públicas coerentes. LASKOS *et al.* (2016) observam, ainda, que houve evolução e progresso na legislação brasileira relacionada ao Cadastro Rural, bem como avanços tecnológicos, contudo ainda há o desafio de centralizar o cadastro em uma instituição federal forte e ágil na recepção, na atualização e na distribuição de dados aos demais órgãos interessados e à sociedade civil organizada.

Um bom cadastro, de acordo com CARNEIRO *et al.* (2012), é aquele que contribui para a distribuição equitativa das cargas tributárias, promove a segurança da propriedade e cria bases para o planejamento urbano e regional. Assim, abre-se o caminho para o CTM, que contempla aspectos econômicos, físicos e jurídicos tradicionais, bem como os dados ambientais do imóvel e sociais das pessoas que o

¹ O número do CAFIR é o Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB).

habitam. Para SILVA *et al.* (2022), o CTM constituiu-se nos últimos tempos num instrumento essencial à gestão territorial, entre outras razões, pelo nível de interoperabilidade propiciado pelo avanço tecnológico, bem como pela capacitação das pessoas envolvidas e as parcerias por elas estabelecidas.

Contudo a unificação dos cadastros rurais é um grande desafio. Percebe-se, segundo OLIVEIRA e OLIVEIRA (2019) que houve um avanço na integração entre as informações territoriais, no intuito de garantir a segurança geométrica, jurídica e fiscal das propriedades rurais do país. CARNEIRO *et al.* (2012), afirma que a Lei nº 10.267/2001 foi incisiva em caracterizar o CNIR como uma base cadastral multifinalitário.

Entretanto, para APPY (2015), mesmo com o avanço da harmonização dos cadastros do INCRA e da Receita Federal, ainda, à época, a unificação dos cadastros no CNIR não havia sido completa, fato que perdura até a atualidade. Continuam existindo ainda o CAFIR, da RFB, e o CNIR. Um primeiro passo para a materialização da integração institucional, para CARNEIRO *et al.* (2012), é construir um conceito único compreensível e útil para os parceiros a partir das definições de unidade territorial que cada um possui.

Autores, como APPY (2015), CARNEIRO *et al.* (2010, 2012) e LASKOS *et al.* (2016), entre outros, mostram que um dos grandes desafios para a unificação dos Cadastros Rurais e destes com o CAR para a formação de um CTM Rural passam pela metodologia de coleta e tratamento dos dados de cada sistema, bem como pela diferença de conceitos entre as legislações ambientais, fiscais e fundiárias para um mesmo tema.

Por exemplo, APPY (2015), observa que o conceito de imóvel para o SIGEF é o conceito civil, no qual cada imóvel corresponde a uma matrícula, enquanto o conceito do SNCR é o conceito da legislação agrária, no qual o imóvel é entendido como a área contínua sob mesma propriedade. Como um imóvel rural pelo conceito da legislação agrária pode ser formado por mais de uma matrícula, isto significa que é possível que o cadastramento de um imóvel no SIGEF contemple apenas parte do imóvel que consta do SNCR.

Além da necessidade de correlacionar os conceitos decorrentes do Direito Agrário e do Direito Civil, para CARNEIRO *et al.* (2012), outros aspectos merecem a ser considerados na formação de uma base cadastral multifinalitária, como a questão da reserva legal. Isso decorre do fato dessa informação ser da base ambiental, que

consta no CAR, mas que afeta o cálculo do ITR (interesse da Receita Federal do Brasil) e a classificação do imóvel rural (interesse do Incra).

Assim, para que seja possível construir um CTM Rural, serão precisos, além de uma revisão na modelagem conceitual e prática do CAR, com o objetivo de alinhar com as do CNIR, ações específicas para a compatibilização dos conceitos adotados por essas ferramentas, que deve envolver estudos técnicos para propor mudanças nas legislações que se farão necessárias.

2.2 CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR)

2.2.1 Contexto de Criação, Marco Legal e Regulamentação

Na primeira década do século XXI, devido ao alto e crescente índice de desmatamento e a dificuldade em monitorar e fiscalizar as propriedades rurais, o Brasil sofria grande pressão internacional para adotar medidas efetivas de conservação ambiental. O crescente desmatamento na Amazônia na primeira década do século 21 provocou reações da comunidade internacional e ameaças de boicote a produtos brasileiros. Nesse contexto, o governo brasileiro implementou o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004, que incluiu criação de unidades de conservação, intensificação da fiscalização e o desenvolvimento de sistemas de monitoramento por satélite, como o projeto PRODES² (Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) e o DETER (levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal na Amazônia). Estas iniciativas foram importantes para a redução significativa do desmatamento até 2012, contudo, ainda continuava a dificuldade em identificar responsáveis pelas áreas desmatadas.

Assim, na busca de equilibrar produção agropecuária e conservação ambiental, foi criado o CAR pela Lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal) e regulamentado pela Instrução Normativa (IN) 02/2014 do Ministério do Meio Ambiente.

O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das

² O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento na Amazônia Legal desde 1988. Em 2018, passou a monitorar o desmatamento do bioma Cerrado, e em 2022 os biomas Pantanal, Pampa, Mata Atlântica e Caatinga, configurando-se assim o Prodes Brasil.

propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012), foi introduzido como instrumento, segundo LAUDARES *et al.* (2014), para constituir uma base de dados estratégica para o controle, o monitoramento e o combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do País.

Ainda em 2012, o Decreto Federal 7.830 criou o Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR com o objetivo, entre outros, de receber, gerenciar e integrar os dados do CAR de todos os entes federativos e disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional, na Internet (BRASIL, 2012). Contudo, somente com a publicação da IN 02/2014 do MMA é que o CAR passou a operacionalizar. Esta estabelece procedimentos a serem adotados para a inscrição, registro, análise e demonstração das informações ambientais sobre os imóveis rurais no Cadastro Ambiental Rural-CAR, bem como para a disponibilização e integração dos dados no SICAR (BRASIL, 2014).

2.2.2 Estrutura e Funcionamento do SICAR

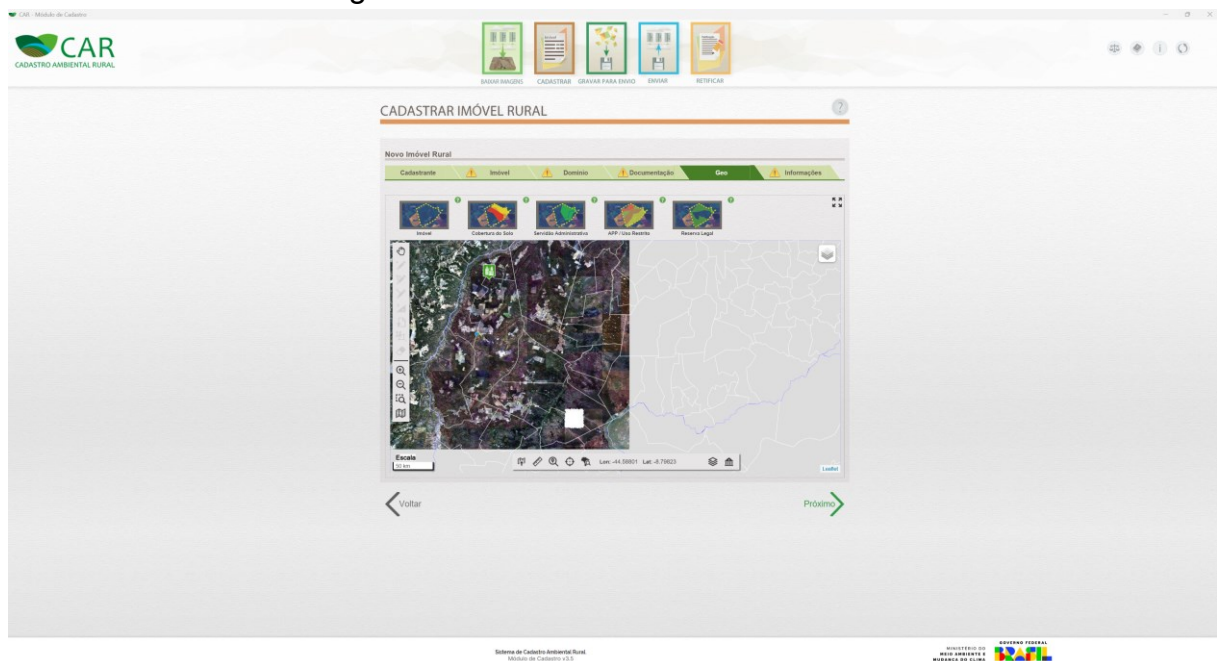
Segundo OLIVEIRA *et al.* (2017), a área passível de cadastro, publicada pelo CAR, foi estimada com base no Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo IBGE. Informações do levantamento de 2017 do IBGE registrou 5.073.324 estabelecimentos rurais com área total de aproximadamente 351,2 milhões de hectares (Mha). Segundo dados do relatório do CAR, de 05 de fevereiro de 2025, há 7.774.907 imóveis cadastrados, com uma área total de 704,2 Mha, ou seja, mais de duas vezes a área passível de cadastro divulgada. Desses imóveis, apenas 188,1 mil (29,3 Mha) tiveram sua análise de regularidade ambiental concluída, que corresponde a 2,4% dos imóveis e 4,1% da área total. Ao comparar os dados (declaradas x passíveis de cadastro), pode-se deduzir que há erros nos registros contidos na base do CAR. Outra divergência diz respeito às áreas ambientais declaradas: no CAR há uma área de 240,0 Mha declaradas de RL e APP, enquanto o IBGE, no Censo Agropecuário de 2017, levantou apenas 101,3 Mha de matas e florestas nos estabelecimentos rurais.

O cadastramento exige a identificação do declarante, a caracterização do imóvel as informações georreferenciadas (perímetro do imóvel, APP, RL,

remanescente de vegetação nativa, área de uso consolidado, áreas de uso restrito e servidão administrativa) e informações complementares.

Para realizar o georreferenciamento do imóvel no mapa, o usuário deverá utilizar-se das ferramentas disponibilizadas pelo sistema ao usuário (BRASIL, 2023): uma barra vertical, destacada que apresenta as ferramentas para definição da geometria a ser desenhada no mapa; uma barra horizontal, que apresenta as ferramentas de auxílio à navegação no mapa e, por fim, o botão de seleção de imagens do mapa baixadas de acordo com os satélites escolhidos, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Tela do CAR – Módulo Cadastro



Fonte: SICAR (2025).

LASKOS *et al.* (2018) observam, ainda, que apesar do CAR possibilitar mais agilidade para o produtor pelo fato de o sistema ser on-line e de agrupar diversas informações importantes do estabelecimento rural, há alguns pontos limitantes nesse registro, tais como:

- i. O fato da não obrigatoriedade de ser realizado por profissional da área técnica para a realização do cadastramento;
- ii. As informações cartográficas obtidas em campo apresentam divergência com o sistema disponibilizado para o registro de dados referentes às áreas ambientais protegidas, sendo necessárias correções manuais das

informações, o que compromete completamente a precisão e a acurácia obtidas em campo pelas atividades de topografia;

- iii. A qualidade das imagens disponibilizadas no sistema do CAR não permite a visualização de detalhes necessários para o cadastramento de pequenas áreas;
- iv. Dificuldades que os agricultores familiares³ ainda encontram na adesão ao CAR, principalmente pelo aspecto operacional do cadastro e a precariedade dos serviços de internet em municípios pequenos e médios do país.

2.2.3 Visões Críticas do CAR

MATIAS *et al.* (2024), afirmam que o seu objetivo (do CAR) é compor uma base de dados integrada que reúna informações ambientais das propriedades e posses rurais, alimentada pelos proprietários e posseiros, com dados georreferenciados referentes aos perímetros dos imóveis, aos remanescentes de vegetação nativa, às áreas de Reserva Legal (RL), Áreas de Preservação Permanente (APP), às áreas consolidadas e de uso restrito, entre outras informações.

Para ROCHA *et al.* (2021) o propósito do CAR é, também, gerar e fornecer informações acerca da tutela ambiental para a população em promoção ao desenvolvimento sustentável e à formulação de políticas públicas ambientais.

Já, KORTING (2018) considera que o CAR representou um retrocesso significativo em termos de proteção ambiental, tanto pelo caráter autodeclaratório do Cadastro Ambiental Rural quanto pela perda do mecanismo de averbação da Reserva Legal na matrícula do imóvel, que consolidava segurança jurídica à Reserva Legal através da matrícula. As transformações na legislação ambiental, continua KORTING (2018), acabam por separar a base de regularização ambiental da base de regularização fundiária, o que causa desproteção jurídica e promove uma estrutura ambiental que desobrigará diversos proprietários/posseiros de obrigações na propriedade.

³ Para ser classificado como agricultor familiar, o produtor rural deve atender cumulativamente a quatro critérios: possuir área de até 4 módulos fiscais, utilizar mão de obra predominantemente da própria família, ter renda familiar vinculada ao estabelecimento e realizar a gestão familiar do empreendimento (Lei 11.326, de 24/06/2006).

SILVA e LANDAU (2020), destacam que a base de dados do CAR é estratégica para o controle, monitoramento, combate ao desmatamento da vegetação nativa, e planejamentos ambiental e econômico. Contudo, continuam, ele ainda apresenta erros (falhas, inconsistências), devido ao seu caráter autodeclaratório e ao pequeno número de registros analisados.

Para LASKOS *et al.* (2016), o cadastro deve disponibilizar informações precisas e constantemente atualizadas, pois assim permite calcular a degradação ambiental com solidez, bem como possibilita se fazer uma análise do uso e ocupação do solo e de seus impactos sobre o ambiente.

2.2.4 Inconsistências Identificadas na Literatura

Diversos estudos identificaram problemas significativos no CAR:

- i. Sobreposições geométricas de áreas, que dificultam o uso do CAR em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e que afetam a precisão dos dados. MATIAS *et al.* (2024), constataram que em São José dos Campos/SP cerca de 13,5% dos imóveis do município estão sobrepostos, o que representa cerca de 8,2 mil ha;
- ii. As sobreposições entre CAR e unidades de conservação (UC) indicam a presença de cadastros irregulares em áreas protegidas. Um estudo de AZEVEDO *et al.* (2017) identificou aproximadamente 2,5 Mha nessa situação no Pará.
- iii. Dados ambientais (principalmente de APP e RL) sem conexão com a realidade do uso da terra, como subnotificação de áreas de preservação e superestimativa de reserva legal. RUIZ *et al.* (2021), em estudo realizado em Santo Antônio da Patrulha/RS, com a utilização da técnica GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*) para classificar uso da terra e comparar com CAR, verificaram inconsistências entre APP averbadas e a classificação da cobertura e uso da terra, com evidência que grande parte das áreas averbadas como APP estão ocupadas para fins agrícolas (42 % da área analisada). Já SILVA e LANDAU (2020) analisaram relação entre CAR e dados de sensoriamento remoto em escala nacional, identificando que aproximadamente 30% das áreas declaradas como reserva legal ou

vegetação nativa não apresentam cobertura florestal nas imagens de satélite.

- iv. Distorções observadas causadas por incompatibilidade entre os sistemas de coordenadas utilizados para o registro dos dados na plataforma, conforme já apontado por LASKOS *et al.* (2016). OLIVEIRA e OLIVEIRA (2019) compararam posições cadastradas no CAR com levantamentos geodésicos precisos, encontrando desvios médios superiores a 50 metros, chegando a mais de 200 metros em alguns casos.

Uma das principais causas das inconsistências é o modelo autodeclaratório sem validação técnica dos registros. Também contribui, a falta de fiscalização *in loco* e a ausência de uma base de dados oficial para confrontar as informações declaradas. Com apenas 2,4% dos cadastros analisados após mais de 12 anos de implementação do CAR, proprietários não têm incentivo para corrigir erros ou declarar informações corretas. A ausência de consequências para declarações incorretas perpetua inconsistências.

LAUDARES *et al.* (2014) destacam que o processo de análise dos cadastros pelos órgãos ambientais estaduais é complexo e demanda recursos humanos e tecnológicos significativos, que muitos estados não possuem. Além disso, falta padronização nos procedimentos de análise entre diferentes unidades da federação.

Além disso, há interpretações variadas sobre delimitação de APP (especialmente em áreas de relevo acidentado e nascentes), critérios de averbação de RL e caracterização de áreas de uso consolidado, resultando em cadastros inconsistentes mesmo quando o declarante tem boa-fé.

2.3 TRIBUTAÇÃO RURAL E GESTÃO AMBIENTAL

2.3.1 O Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)

O ITR é um tributo federal previsto na Constituição Federal de 1988. Para APPY (2015) o texto constitucional deixa claro que, além do objetivo de arrecadação, o imposto tem uma finalidade regulatória (extrafiscal), que é a de “*desestimular a manutenção de propriedades improdutivas*”. Dessa forma, ele é um instrumento importante para a política fundiária do país.

É de apuração anual e tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de imóvel por natureza, localizado fora da zona urbana do município, em 1º de janeiro de cada ano. O ITR incide inclusive sobre o imóvel declarado de interesse social para fins de reforma agrária, enquanto não transferida a propriedade, exceto se houver imissão prévia na posse (BRASIL, 1996).

Considera-se imóvel rural a área contínua, formada de uma ou mais parcelas de terras, localizada na zona rural do município, sendo que o imóvel que pertencer a mais de um município deverá ser enquadrado no município onde fique a sede do imóvel e, se esta não existir, será enquadrado no município onde se localize a maior parte do imóvel.

APPY (2015) chama atenção para o fato da legislação do ITR tratar como imóvel rural apenas a parcela das terras localizada na zona rural do município, enquanto o Código Florestal considera como imóvel rural todo o imóvel, ainda que parte dele esteja na área urbana do município, diferença de conceito relevante caso se pretenda compatibilizar a legislação do ITR com a legislação ambiental prevista no Código Florestal, visto que a legislação do tributo é anterior a este. Assim, observa APPY (2015), não há uma adequação precisa entre a caracterização de áreas de interesse ambiental entre as duas legislações.

2.3.2 Cálculo do ITR e Áreas Isentas

O imposto é autodeclarado pelo contribuinte e homologado pelo fisco, ou seja, ele (o contribuinte) calcula, na Declaração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (DITR), a qual é preenchida por meio de um programa específico disponibilizado pela RFB (APPY, 2015). Na apuração do valor devido de ITR, continua APPY (2015), o contribuinte fornece todas as informações necessárias para o cálculo do imposto, tais como a área e o valor do imóvel, o valor das benfeitorias, as áreas não tributáveis – como as áreas de preservação permanente (APP), a reserva legal (RL) etc. –, a forma de ocupação da área aproveitável etc. Após a inserção dos dados informados, o programa apenas faz a análise da consistência dos dados informados, por exemplo verifica se a soma das áreas informadas corresponde à área total, bem como dos índices mínimos de produtividade previstos na legislação.

A base de cálculo do ITR é o *Valor da Terra Nua Tributável* (VTNt), que é obtida mediante a multiplicação do VTN pelo quociente entre a área tributável e a área

total do imóvel conforme mostrado na Equação (1). O VTN é o preço de mercado do imóvel rural, entendido como o valor do solo com sua superfície e a respectiva mata, floresta e pastagem nativa ou qualquer outra forma de vegetação natural, excluídos os valores de mercado relativos a construções, instalações e benfeitorias; culturas permanentes e temporárias; pastagens cultivadas e melhoradas; e florestas plantadas, com observância aos critérios de localização, aptidão agrícola e dimensão (BRASIL, 1996 e RFB, 2002).

$$VTNt = VTN \times \frac{\text{Área Tributável}}{\text{Área Total}} \quad (1)$$

A Área Tributável é a área total do imóvel, deduzidas as áreas não tributáveis (isentas), as quais compreendem as seguintes áreas:

- a. de preservação permanente (APP);
- b. de reserva legal (RL);
- c. de interesse ecológico para a proteção dos ecossistemas, assim declaradas por órgão estadual ou federal competente;
- d. comprovadamente imprestáveis para a exploração agrícola, pecuária ou florestal, declaradas de interesse ecológico por órgão estadual ou federal competente;
- e. sob regime de servidão ambiental (ou florestal);
- f. de reserva particular do patrimônio natural (RPPN);
- g. cobertas por florestas nativas, primárias ou secundárias em estágio médio ou avançado de regeneração; e
- h. alagadas para fins de constituição de reservatório de usinas hidrelétricas autorizadas pelo poder público.

Até julho de 2024, para a exclusão dessas áreas da incidência do imposto era preciso que o contribuinte transmitisse anualmente o Ato Declaratório Ambiental (ADA) ao Ibama. Atualmente, com a entrada em vigor da Lei 14.932/2024, o proprietário foi autorizado a apresentar o CAR, para fins de apuração da área tributável na base de cálculo do ITR.

O valor do ITR a ser pago, conforme mostrado na Equação (2), é obtido mediante a multiplicação do VTNT pela alíquota correspondente, considerados a área total e o grau de utilização (GU) do imóvel rural, que é a relação percentual entre a

área efetivamente utilizada pela atividade rural e a área aproveitável do imóvel rural (BRASIL, 1996 e RFB, 2002).

$$ITR = VTNt \times alíquota \quad (2)$$

A Tabela 1 mostra as alíquotas do ITR, as quais são determinadas para cada imóvel rural em função de sua área total (indicada na primeira coluna) e do respectivo Grau de Utilização (GU).

Tabela 1. Alíquotas do ITR (%)

ÁREA TOTAL DO IMÓVEL (EM HECTARES)	GRAU DE UTILIZAÇÃO (GU) (em percentual)				
	Até 30	Maior que 30 até 50	Maior que 50 até 65	Maior que 65 até 80	Maior que 80
Até 50	1,00	0,70	0,40	0,20	0,03
Maior que 50 até 200	2,00	1,40	0,80	0,40	0,07
Maior que 200 até 500	3,30	2,30	1,30	0,60	0,10
Maior que 500 até 1.000	4,70	3,30	1,90	0,85	0,15
Maior que 1.000 até 5.000	8,60	6,00	3,40	1,60	0,30
Acima de 5.000	20,00	12,00	6,40	3,00	0,45

Fonte: o autor, adaptado de (Brasil, 1996 e RFB, 2002).

O GU, conforme mostrado na Equação (3), é a relação percentual entre a área efetivamente utilizada pela atividade rural e a área aproveitável do imóvel rural (Brasil, 1996 e RFB, 2002).

$$GU = \frac{\text{Área efetivamente utilizada}}{\text{Área aproveitável}} \quad (3)$$

FENDRICH *et al.* (2022) diz que a área aproveitável é a parcela da terra que as atividades agrícolas poderiam usar. A outra parte é a “área efetivamente utilizada”, que representa a parcela da terra realmente usada pelas atividades agrícolas. No caso da área destinada à utilização como pastagem e à exploração extrativa, a legislação do ITR estabelece índices mínimos de produtividade (APPY, 2015). Para FENDRICH *et al.* (2022) as áreas de pastagem afetam fortemente a GU, pois elas têm uma regra adicional sobre a produtividade pecuária, que estabelecem números mínimos de animais por hectare. Assim, continuam, se uma propriedade não cumpre tais requisitos, apenas uma porcentagem de sua área de pasto irá compor a área

efetivamente utilizada, o que, na prática, diminui o GU e, conseqüentemente, afeta o valor do imposto.

Abaixo, tem-se um exemplo prático de cálculo do ITR, considerando um imóvel rural com as seguintes características:

- Área Total: 1.200 ha
- Valor Total do Imóvel = R\$ 15.000.000,00
- APP: 60 ha
- Reserva Legal: 240 ha
- Área com Benfeitorias: 40 ha
- Valor das Benfeitorias = R\$ 750.500,00
- Área com lavouras: 420 ha
- Área com pastagens: 180 ha
- Área não utilizada na Atividade Rural: 260 ha
- Valor das culturas e pastagens = R\$ 1.000.000,00

Cálculo do imposto:

$$VTN = 15.000.000,00 - (750.000,00 + 1.000.000,00) = R\$ 13.250.000,00$$

$$\text{Área Tributável} = 1200 - (60 + 240) = 900 \text{ ha.}$$

$$VTNt = VTN \times \frac{\text{Área Tributável}}{\text{Área Total}} = 13.250.000 \times (900/1200) = 9.937.500,00$$

$$\text{Área Aproveitável} = 900 - 40 = 860 \text{ ha.}$$

$$\text{Área Efetivamente Utilizada na Atividade Rural} = 420 + 180 = 600 \text{ ha.}$$

$$GU = \frac{\text{Área efetivamente utilizada}}{\text{Área aproveitável}} = (600/860) = 69,8\%$$

$$\text{Alíquota} = 1,60\% \text{ (ver na Tabela 2)}$$

$$ITR = VTNt \times \text{alíquota} = 9.937.500,00 \times 1,60\% = R\$ 159.000,00.$$

Caso o proprietário declarasse erroneamente uma área Remanescente de Vegetação Nativa de 120 ha, o grau de utilização do imóvel iria para 81,1%, o VTNT para R\$ 8.612.500, a alíquota cairia para 0,30% e o novo imposto apurado seria de R\$ 25.837,50.

Esse exemplo ilustra como a declaração incorreta de áreas ambientais pode resultar em evasão fiscal significativa.

2.3.3 A Arrecadação do ITR

Para APPY (2015) o maior problema na arrecadação do ITR decorre do caráter autodeclaratório na apuração do imposto e das dificuldades de fiscalização. Segundo APPY (2015), a tendência é que os proprietários dos imóveis, para pagar o mínimo possível, informem valores subavaliados dos seus imóveis e superestimados do GU, bem como, também, aumentam as áreas de interesse ambiental, que, como já mostrado, são isentas do imposto. O APPY (2015) ainda destaca que, embora o ITR seja um imposto federal, a Constituição prevê a possibilidade de que seja cobrado pelos Municípios, desde que observada a legislação federal que rege a cobrança do imposto. Nesse caso, conforme o Art. 153, § 4º, III, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, regulamentado pela Lei 11.250/2025, a receita é totalmente destinada ao município onde o imóvel rural está localizado. Quando é cobrado pela União, apenas 50% da arrecadação é repassada ao Município.

Nos últimos anos a RFB criou uma equipe especializada no ITR com o objetivo de incentivar e apoiar os municípios a celebrarem convênio com a União para realizarem essa cobrança, bem como capacitar seus servidores, e dessa forma, aumentar a fiscalização do tributo. Conforme pode-se observar na Tabela 2, a arrecadação do ITR aumentou, em valores reais, 122% entre 2019 e 2025, muito superior ao PIB agropecuário, que foi de 21,77% para o mesmo período. Ressalte-se, também, que a arrecadação aumentou em maior proporção nos municípios conveniados, que, em 2024, responderam por 88,6% do total arrecado.

Tabela 2. Evolução da Arrecadação do ITR em valores reais - Valores corrigidos pelo IPCA para 2024

Ano	Arrecadação (em milhões de R\$)		
	Conveniados	Não Conveniados	Total
2019	1.194,1	225,2	1.419,3
2020	1.384,9	199,8	1.584,7
2021	1.692,6	258,6	1.951,2
2022	2.103,8	304,3	2.408,1
2023	2.522,1	348,1	2.870,2
2024	2.792,1	360,2	3.152,3

Fonte: elaborado pelo autor, com dados da RFB (2025).

Ainda, no âmbito desses convênios, foi publicada a Instrução Normativa RFB 1877/2019 para dispor sobre a prestação de informações sobre Valor da Terra Nua à Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil. Esse normativo exige que as terras, consideradas suas respectivas condições de manejo, deverão ser enquadradas

segundo aptidões agrícolas, que é uma classificação que busca refletir as potencialidades e restrições para o uso da terra: lavoura - aptidão boa; lavoura - aptidão regular; lavoura - aptidão restrita; pastagem plantada; silvicultura ou pastagem natural; e preservação da fauna ou flora (RFB, 2019).

Essas informações devem ser compostas mediante levantamento técnico realizado por profissional legalmente habilitado, vinculado ao Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) e aos correspondentes Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA), que se responsabilizará tecnicamente pelo trabalho, e devem ser prestadas pelos municípios ou pelo Distrito Federal e servirão de base para o cálculo do valor médio do VTN, por hectare, para cada enquadramento de aptidão agrícola de terras existentes no território do respectivo ente (RFB, 2019).

Mesmo após a descentralização para a cobrança do ITR, ainda há que se aprofundar nos estudos sobre como os impactos das inconsistências dos dados ambientais registrados no CAR podem causar na arrecadação tributária, bem como a falta de integração deste com o CNIR, que é a base cadastral utilizada pelo ITR, juntamente com o CAFIR. Apesar de vasta literatura sobre cada um dos assuntos individualmente, não há muitas publicações sobre essa conjuntura.

2.3.4 Tax Gap do ITR

O conceito de *tax gap* para CASTRO e CAMARILLO (2014) é a diferença entre a capacidade tributária e a receita tributária real, sendo que a primeira representa a receita tributária máxima possível a ser arrecadada em um país e a última o valor da arrecadação por meio da tributação como percentual do PIB. Ou seja, é a diferença entre o imposto teoricamente devido e o efetivamente arrecadado. Para o ITR, o *tax gap* decorre basicamente de três fatores: sonegação fiscal, elisão fiscal e ineficiência fiscal.

Uma das principais causas do *Tax Gap* do ITR é o caráter autodeclaratório do tributo. Para ANTUNES (2018), o fato do imposto ser historicamente declaratório é decisivo para grande número de fraudes e evasão. Outro fator é a precariedade na fiscalização que, para APPY (2015), decorre da inexistência de cadastro abrangente georreferenciado acessível pela RFB. CASTRO e CAMARILLO (2014) ressaltam que ocorrem *tax gap* devido aos sistemas de cobrança ou procedimentos de tributação do país não serem eficientes.

2.3.5 Tributação Ambiental e Extrafiscalidade

Segundo SPAROVEK *et al.* (2015) aproximadamente 55% da vegetação natural está em terras privadas, tornando necessárias ações direcionadas aos proprietários de terras para a conservação e a tributação foi incluída apenas em uma extensão mínima nas ferramentas legais brasileiras para conservação. A contribuição de todos os impostos ambientais para a receita tributária total no Brasil foi de 2,04% em 2016, muito inferior à média da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) que é de 6,5% (OECD, 2025).

A principal ferramenta tributária que há no país, nesse cenário, é o Imposto Sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR), um imposto federal previsto na Constituição Federal. SPAROVEK *et al.* (2015), ressaltam, também, que o formato atual do tributo abre enormes possibilidades para melhorar a conservação ambiental. Contudo, FENDRICH *et al.* (2022) observam que apesar das potencialidades, o ITR é atualmente ineficaz em atingir seus objetivos devido a fatores como baixa receita, dificuldade de fiscalização de declarações, critérios de produtividade obsoletos e distorções ambientais intrínsecas.

Como experiência bem-sucedida de tributação ambiental, tem-se o exemplo da Costa Rica. O país implementou um sistema inovador que integra tributação e pagamento por serviços ambientais (PSA). Propriedades que conservam florestas além do exigido legalmente recebem créditos que podem ser abatidos de impostos sobre propriedade (PUGA, 2010). Como resultado, PORRAS; GOODRICH (2016) houve um incrível aumento de cobertura florestal entre 1987 e 2013, de 26% do para 52% do território do País.

2.4 CONCENTRAÇÃO FUNDIÁRIA

2.4.1 Contexto Histórico

A concentração fundiária brasileira, caracterizada pela coexistência de latifúndios improdutivos e minifúndios insuficientes, constitui obstáculo estrutural ao desenvolvimento rural sustentável. Como mostra SANTOS NETO (2021), ela tem

raízes na colonização portuguesa, que adotou sistema de sesmarias concedendo grandes extensões de terra a donatários. A Lei de Terras de 1850, ao estabelecer a compra como única forma de acesso à terra, consolidou estrutura concentrada, excluindo escravos libertos e população pobre do acesso à propriedade.

Durante o século XX, diversos movimentos sociais e políticas públicas tentaram reverter esta concentração, com resultados limitados. O Estatuto da Terra (1964) estabeleceu função social da propriedade e previu desapropriação de latifúndios improdutivos, mas sua implementação foi tímida. Embora a Constituição de 1988 tenha reforçado tais princípios, a concentração fundiária manteve-se, chegando a se intensificar em algumas regiões do país.

O Censo Agropecuário de 2017, realizado pelo IBGE, mostra que 1% dos imóveis rurais tem mais de 1.000 ha, entretanto estes ocupam mais de 43% da área total, o que evidencia, segundo DE CESARE (2018), a predominância de latifúndios na ocupação de terras rurais no Brasil.

2.4.2 Índice de Gini e a Concentração Fundiária no Brasil

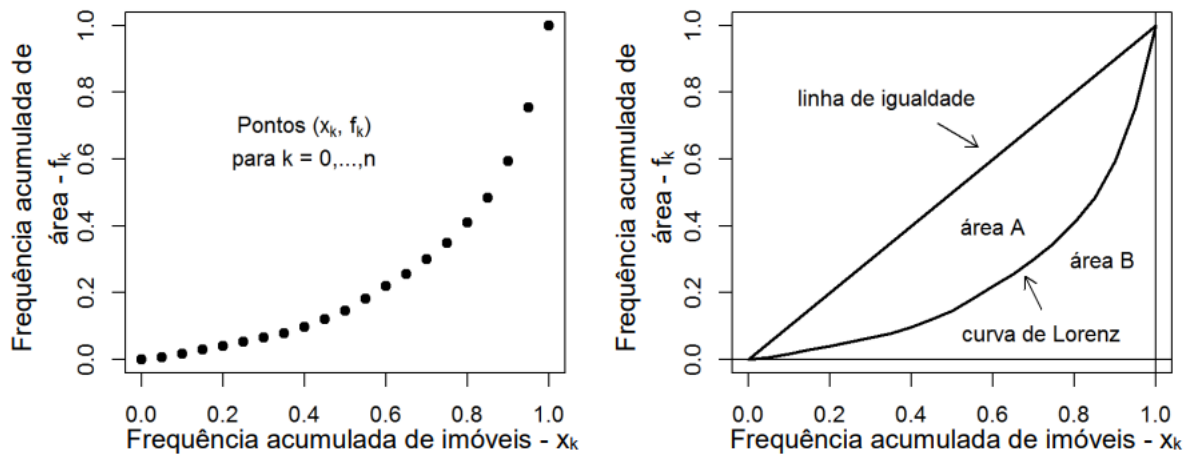
O *Índice de Gini* é um coeficiente de mensuração da desigualdade que varia entre 0 e 1, utilizado principalmente em estudos sobre a distribuição de renda. No caso do estudo sobre a distribuição de terras, 0 corresponde à completa igualdade (a terra está igualmente dividida entre os imóveis), portanto quanto mais próximo de 1 estiver o valor, mais desigual será a distribuição das terras (LEITE, 2018).

O coeficiente de Gini é calculado conforme mostrado na Equação (4), onde X_i e Y_i correspondem, respectivamente, à frequência de imóveis e à frequência de área de classe de área:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n (X_{i+1} - X_i)(Y_{i+1} + Y_i) \quad (4)$$

Também, como mostra LEITE (2018), pode ser calculado a partir da *Curva de Lorenz*, como mostrado na Figura 2. Ele corresponde ao dobro do valor da área entre a *Curva de Lorenz* e a *Linha da Perfeita Igualdade*.

Figura 2. Construção da Curva de Lorenz para cálculo do índice de Gini



Fonte: LEITE (2018).

Estudos de HOFFMANN (2020) indicam que o *Índice de Gini* da distribuição de terras no Brasil está em torno de 0,87, o que mostra a concentração extremamente elevada que perpetua desigualdades sociais, compromete a eficiência produtiva e a sustentabilidade ambiental.

Esta hiperconcentração acontece mais frequentemente em fronteiras agrícolas, com a ocupação da terra por grandes empreendimentos, muitas com capital externo às regiões ocupadas (inclusive estrangeiro), para a utilização na agricultura altamente tecnológica (agricultura de precisão) de larga escala, geralmente no cultivo de monocultura.

2.5 GEOTECNOLOGIAS NA ADMINISTRAÇÃO TERRITORIAL

As geotecnologias, segundo CÂMARA *et al.* (2001), são um conjunto integrado de tecnologias que engloba sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG), GNSS, cartografia digital, entre outras. Estas tecnologias são instrumentos centrais para validação cadastral, pois permitem cruzar dados declarados com a realidade territorial. Ferramentas como QGIS e *Google Earth Engine* (GEE) permitem aquisição de dados de forma indireta, monitoramento em tempo real e análises espaciais complexas e validação de informações declaratórias.

No contexto cadastral brasileiro, estas tecnologias podem ser instrumentos para compensar as limitações dos sistemas autodeclaratórios, com comprovada eficácia na verificação de dados e precisão cartográfica.

3 MATERIAIS E MÉTODO

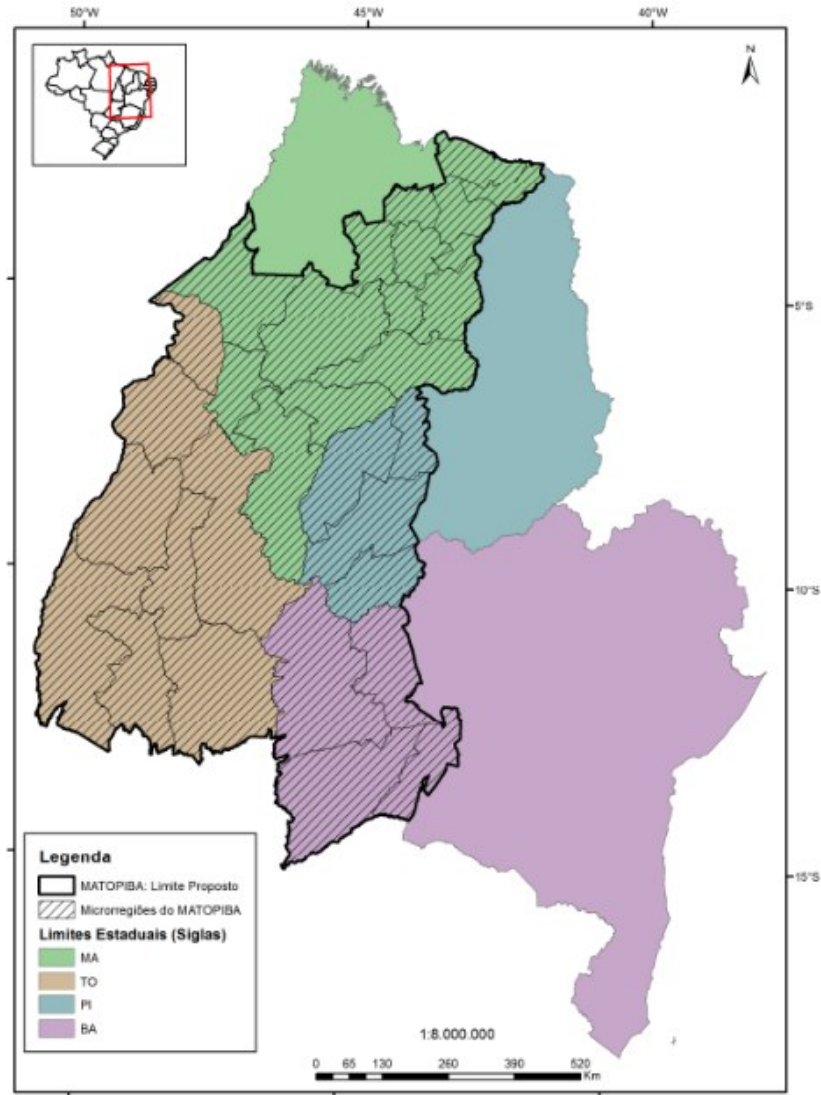
Essa pesquisa seguiu uma abordagem metodológica mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos, com a combinação de análises estatísticas e espaciais e com avaliações qualitativas. Houve o uso de técnicas de geoprocessamento e análise de imagens de satélite para a identificação das inconsistências espaciais no CAR e seus impactos. A proposta de um modelo teórico de validação visa aumentar a confiabilidade dos dados do CAR, contribuindo para a gestão ambiental e fiscal no Brasil.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Região do Matopiba

Segundo definição do IBGE, o MATOPIBA é recorte geográfico que combina as siglas dos Estados com municípios na região: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Figura 3). Oficializado pela Portaria nº 244/2015 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), compreende 337 municípios distribuídos em aproximadamente 73 milhões de hectares. Tem como Bioma predominante o Cerrado (91%), com transições para Amazônia, Caatinga e ecótonos. No seu relevo predominam áreas de chapadas e chapadões, bastante favoráveis à agricultura mecanizada.

Figura 3. Mapa do Matopiba



Fonte: Embrapa (2014).

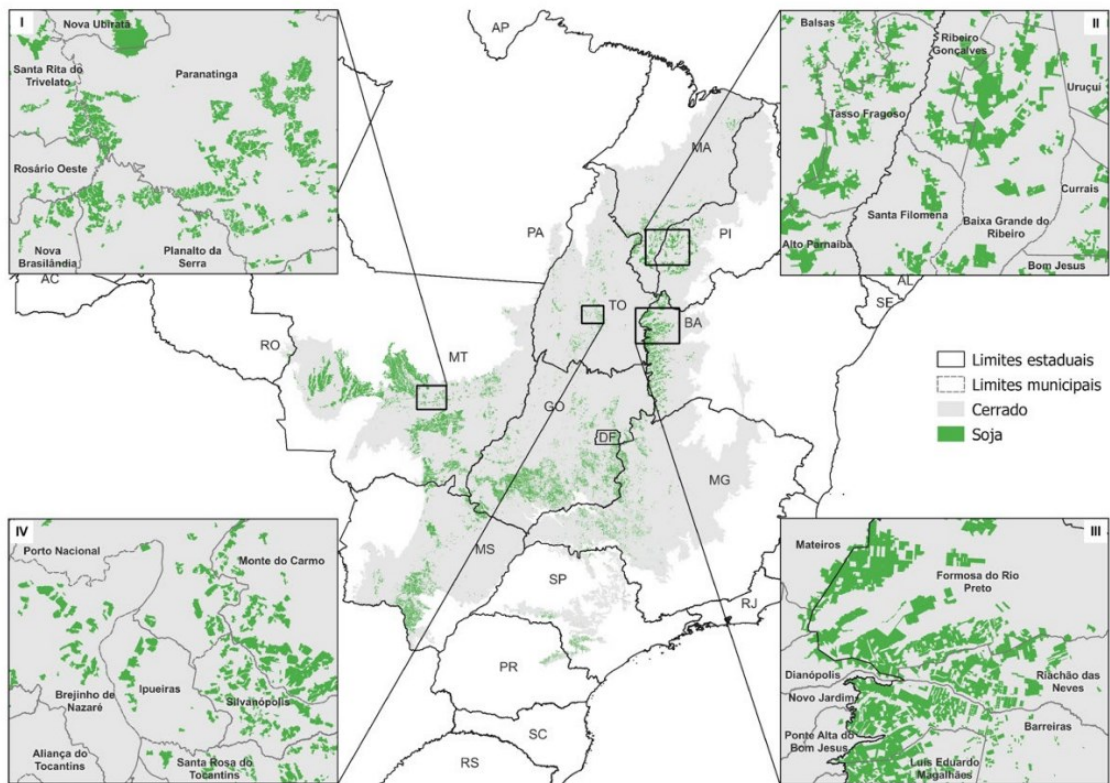
É uma área de expansão no cultivo de grãos, que se desenvolveu de modo mais intenso a partir da década de 1980. Atualmente, é a principal fronteira agrícola brasileira, tornando-se laboratório natural para análise das inconsistências cadastrais e seus impactos, em um contexto de muito dinamismo no uso da terra. (VALENTE e VIEIRA, 2025).

3.1.2 Matopiba Piauiense

A Região do Matopiba piauiense abrange 33 municípios, dos 221 do Estado. O bioma predominante é Cerrado e é uma da área de expansão agrícola no cultivo de

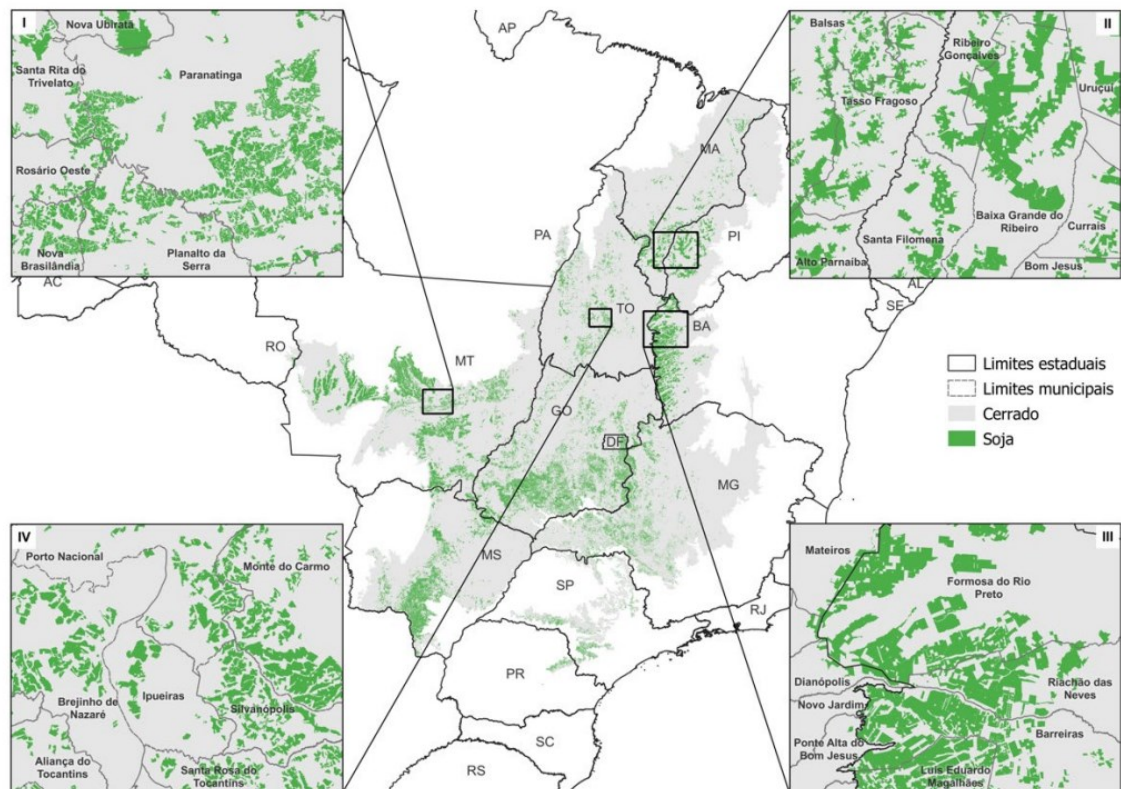
soja, milho e algodão, mas, isso tem levado a um acelerado desmatamento do seu bioma. RUDORFF e RISSO (2024), reportam que a região do Matopiba passou a ser responsável por dois terços do desmatamento do Cerrado e que essa área foi convertida em soja. No Matopiba piauiense, mostram, ainda, RUDORFF e RISSO (2024), que a área de soja saltou de 59 mil há em 2001 para 970 mil ha em 2023. As Figuras 4 e 5 ilustram os mapas da cultura da soja para o bioma Cerrado, em que RUDORFF e RISSO (2024) mostram, no recorte II, a intensa expansão na região do entorno de Baixa Grande do Ribeiro, no Piauí.

Figura 4. Mapa da cultura da soja no Cerrado para o ano safra: 2013/14, destacando regiões que apresentaram significativa expansão da sojicultura.



Fonte: RUDORFF e RISSO (2024).

Figura 5. Mapa da cultura da soja no Cerrado para o ano safra: 2022/23, destacando regiões que apresentaram significativa expansão da sojicultura



Fonte: RUDORFF e RISSO (2024).

Na Tabela 3 são apresentados alguns dados socioeconômicos dos municípios da região:

Tabela 3. Dados dos Municípios piauienses da região do Matopiba

Município	População	Área (km ²)	Renda Per Capita (R\$)	IDHM
Uruçuí	26.501	8.452,02	78.456	0,53
Baixa Grande do Ribeiro	13.838	7.809,55	129.459	0,56
Bom Jesus	30.321	5.469,38	55.119	0,62
Corrente	27.600	3.045,09	18.730	0,66
Cristino Castro	11.458	1.846,55	16.342	0,62
Avelino Lopes	11.237	1.264,05	16.273	0,61
Ribeiro Gonçalves	6.215	1.990,32	93.932	0,57
Santa Filomena	6.249	5.285,38	103.245	0,61
Redenção do Gurguéia	9.873	1.568,22	15.352	0,69
Gilbués	11.166	3.490,49	38.969	0,68
Monte Alegre do Piauí	10.910	2.417,81	28.073	0,57
Parnaguá	10.052	3.280,95	14.542	0,66
Curimatá	10.446	2.327,35	13.626	0,61
Currais	4.968	3.161,84	80.089	0,51
Cristalândia do Piauí	7.954	1.256,41	15.289	0,69
Sebastião Leal	4.609	3.111,36	14.887	0,67
Colônia do Gurguéia	6.649	1.631,04	13.827	0,63
Santa Luz	5.485	1.186,81	13.911	0,64
Bertolândia	5.861	1.225,17	12.339	0,64
Alvorada do Gurguéia	5.567	2.130,22	12.355	0,64
Sebastião Barros	3.990	1.026,11	11.831	0,59
Riacho Frio	4.908	2.146,03	11.455	0,596
Palmeira do Piauí	4.706	2.023,94	11.137	0,593
Morro Cabeça no Tempo	4.394	2.209,03	11.096	0,592
Marcos Parente	4.316	770,21	11.905	0,6
Eliseu Martins	4.606	1.119,70	11.758	0,598
São Gonçalo do Gurguéia	2.827	1.354,23	11.206	0,594
Barreiras do Piauí	3.313	1.602,64	10.840	0,589
Antônio Almeida	2.924	623,73	12.012	0,601
Júlio Borges	3.193	1.290,09	10.046	0,58
Porto Alegre do Piauí	2.385	1.112,65	10.669	0,587
Landri Sales	1.708	1.500,42	10.468	0,585
Manoel Emídio	1.543	633,88	9.680	0,576

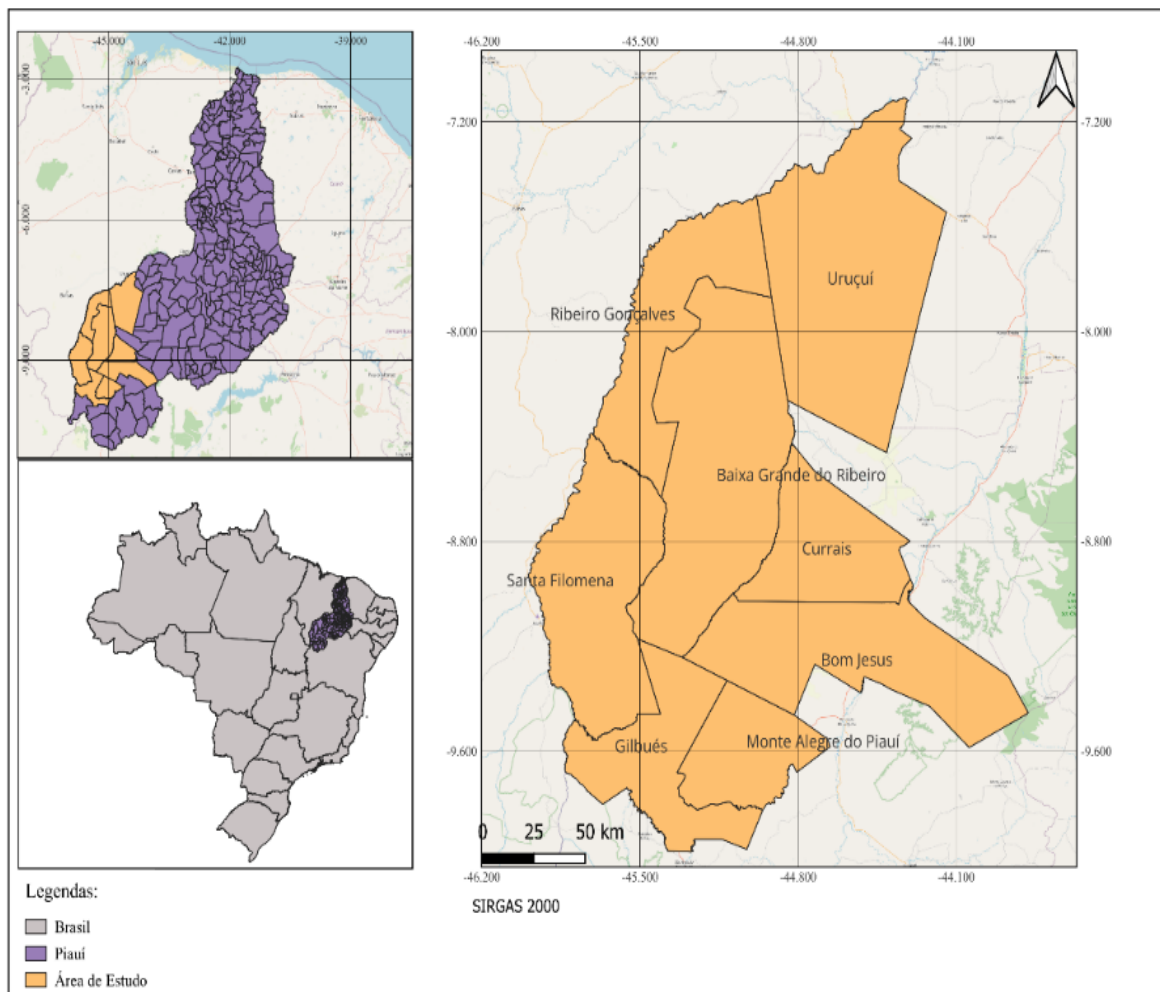
Fonte: o autor, com dados do IBGE e PNUD⁴.

⁴ Os dados do PNUD (IDHM) são de 2010. Os dados de População e Área são de 2024 e da Renda per capita de 2021, todos do IBGE.

Em 2021, o Produto Interno Bruto da região correspondia a 14% ao do Estado. A principal atividade econômica é a produção de grãos como soja, algodão, milho e arroz.

O estudo foi realizado em oito municípios piauiense da região: Baixa Grande do Ribeiro, Uruçuí, Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena, Bom Jesus, Currais, Monte Alegre e Gilbués, que estão apresentados na Figura 6. A escolha da região foi motivada pelas suas características: área de expansão agrícola, com intensos conflitos fundiários e pressão sobre recursos naturais. Também foi levado em consideração o PIB e área territorial, que equivalem a 52% e 46%, respectivamente, do recorte geográfico do Matopiba piauiense.

Figura 6. Localização da Área de Estudo



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

3.2 MATERIAIS

Este trabalho utilizou múltiplas fontes de dados:

3.2.1 Dados Cadastrais

Os dados cadastrais utilizados nessa pesquisa estão demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3. Dados Cadastrais dos Imóveis Rurais da Área de Estudo

Fonte	Formato	Dados/Camadas Obtidos	Dados/Atributos Utilizados
CAR	Shapefile (.shp)	- Perímetro dos imóveis; - Áreas de Preservação Permanente (APP); - Reserva Legal (RL) - Remanescentes de Vegetação Nativa; - Uso Consolidado; - Uso Restrito.	- Código do Imóvel; - Situação do Imóvel; - Município; - Etapa em que o cadastro se encontra em relação ao processo de análise; - Área Total Declarada (em ha); - Área de remanescente de vegetação nativa (em ha); - Área consolidada (em ha); - Área de RL (em ha); - Área da APP (em ha); - Área de uso restrito (em ha).
SIGEF/SNCI	Shapefile (.shp)	- Parcelas Georreferenciadas.	- Código da Parcela; - Situação Informada; - Código do Imóvel; - Status; - Geometria; - Município.
SNCR	.csv	Imóveis Cadastrados	- Código CIR; - Município; - Área; - Situação Jurídica.
CAFIR	.csv	Imóveis Cadastrados	- CIB; - Código CIR; - Município; - Situação Cadastral.

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

3.2.2 Demais Dados

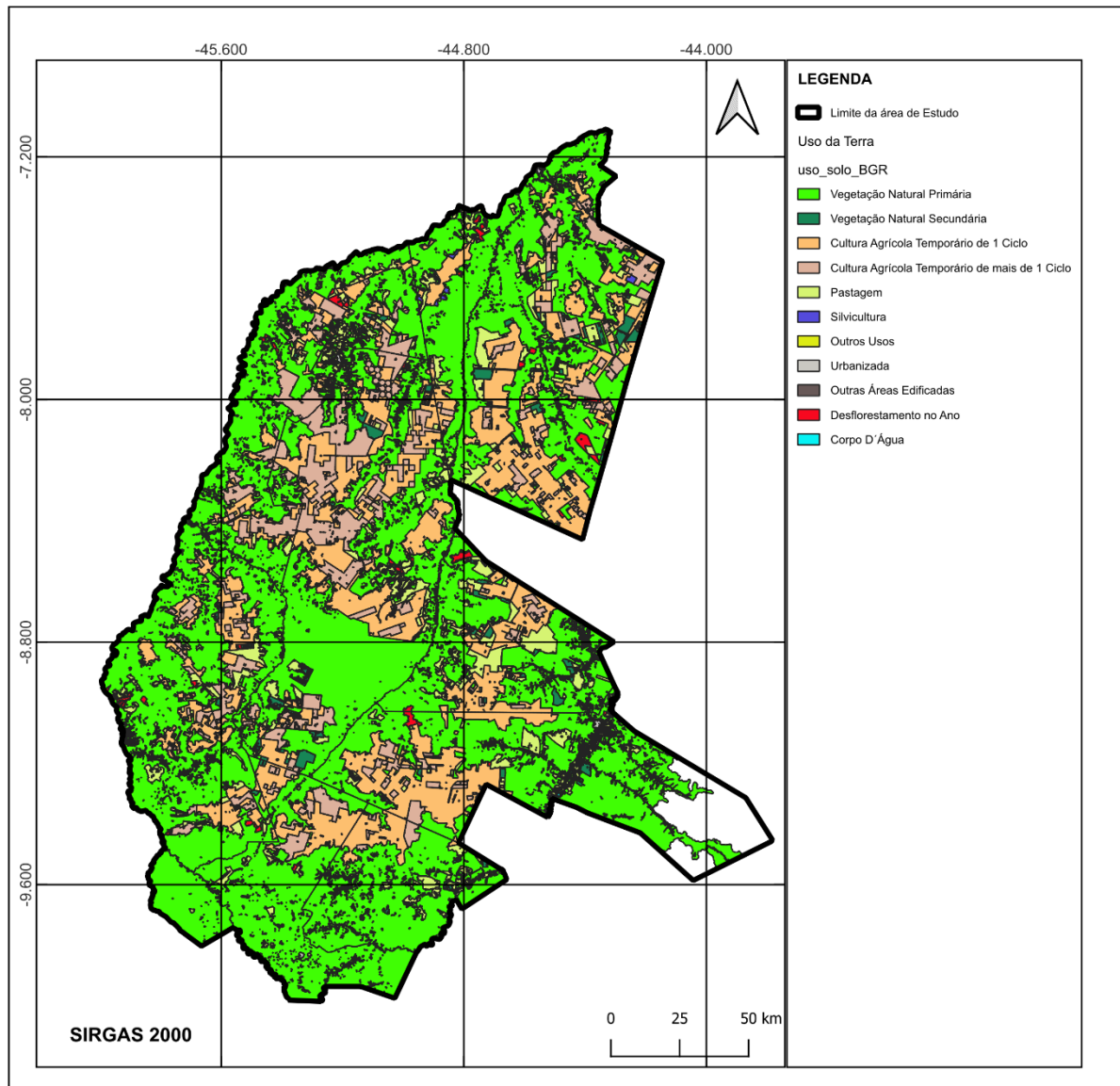
Foram utilizados dados da cartografia oficial do IBGE (Limites Administrativos - Malha Municipal Digital, 2022), no formato *shapefile* (.shp), informações da Declaração do Imposto Territorial Rural (DITR 2024), do Sistema de Preços de Terras

(SIPT) da RFB, dados socioeconômicos do IBGE (censo agropecuário 2017, e imagens de satélite de alta resolução do Sentinel 2 (resolução entre 10m a 20m) e do Landsat 8 (resolução 30m), obtidas na plataforma *Google Earth Engine*.

Como base de referência para o Uso e Cobertura do Solo foi usado os dados do Projeto TerraClass (Figura 7), parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que disponibiliza um sistema de geoinformações destinado ao acesso e à visualização dos dados de cobertura e uso da terra identificados em áreas desmatadas nos biomas brasileiros⁵. A metodologia do Projeto, usa, para o mapeamento, algoritmos de aprendizagem de máquina, em especial de aprendizado profundo, para a classificação de séries temporais de imagens de satélite, que são do Sentinel-2/MSI, com resolução espacial de 10 m. A Exatidão Global (EG) do mapeamento, calculada seguindo o protocolo estabelecido por OLOFSSON *et al.* (2014), é 90,9% e o Intervalo de Confiança EG: $\pm 1,6\%$ (INPE, 2024).

⁵ Atualmente o Projeto TerraClass disponibiliza dados da Amazônia Legal e do Cerrado.

Figura 7. Classificação do Uso da Terra



Fonte: elaborado pelo autor, adaptado do Projeto TerraClass (2025).

3.2.3 Softwares e Ferramentas

Para análise e processamento dos dados foram utilizados:

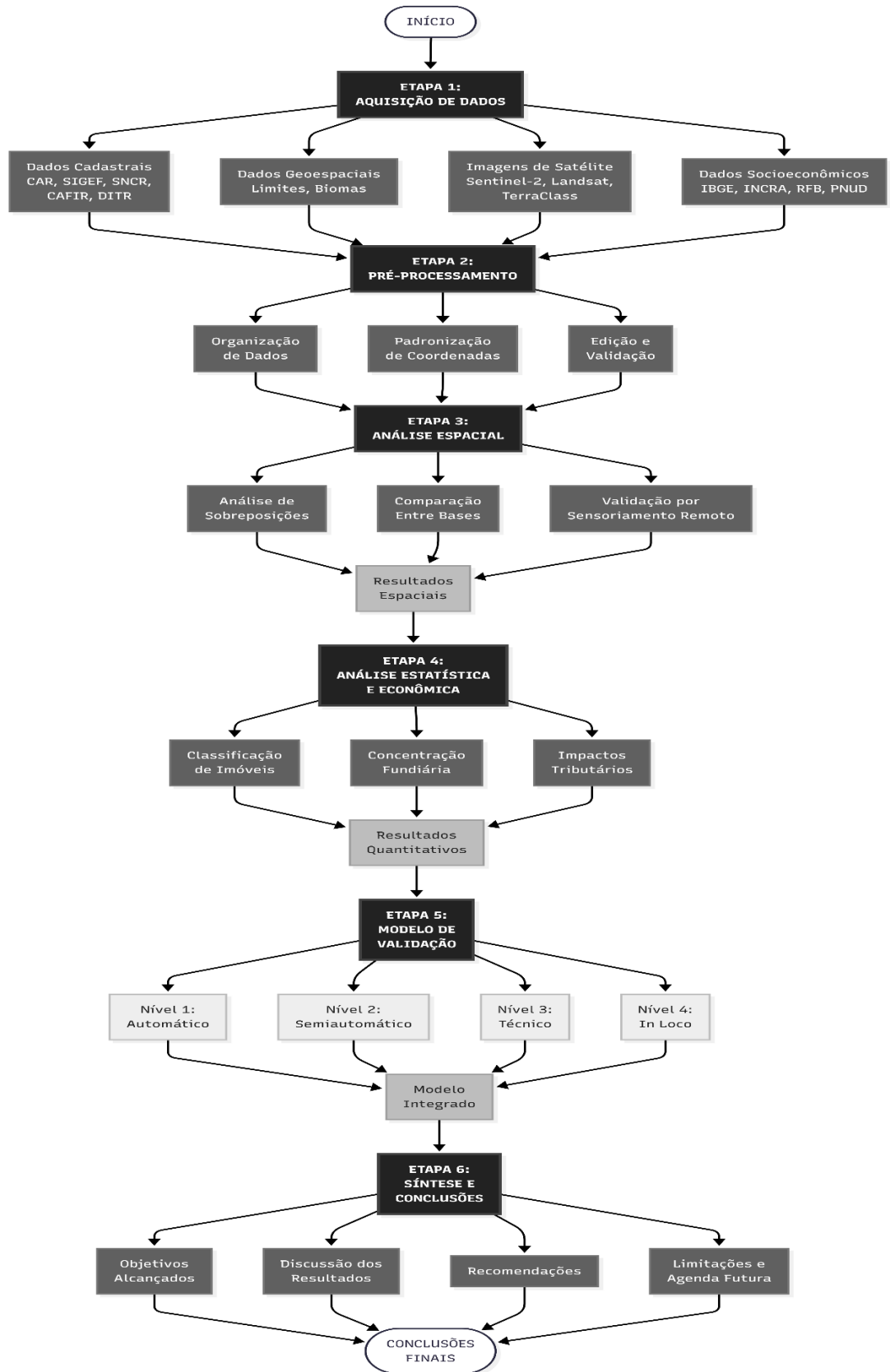
- Nas análises espaciais, visualizações e publicação de mapas, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto QGIS, incluindo alguns complementos e algoritmos de detecção de sobreposições e de classificação de imagens;
- O software Gretl e o R para análises descritivas e estatísticas;

- A linguagem Python, com o Jupyter Notebook e JupyterLab para automação;
- O Google Earth Engine para obtenção e processamento de imagens.

3.3 MÉTODOS

Para aferir os resultados e fazer as análises propostas por este estudo, a pesquisa seguiu o fluxo sequencial e iterativo conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8. Fluxo da Metodologia da Pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

3.3.1 Aquisição e Tratamento de Dados

3.3.1.1 Download e Organização dos dados

Os dados foram coletados diretamente nas bases de dados oficiais, entre janeiro e março de 2025, das respectivas entidades que os gerenciam.

Com o intuito de identificar divergências entre as áreas declarada e cadastral na DITR, realizou-se o cruzamento dos dados com os registros do CAFIR, com a utilização do CIB como chave de identificação. Para assegurar a integridade da amostra, foram excluídas as declarações que apresentavam discrepância de área superior a 20%, para mais ou para menos.

3.3.1.2 Padronização de Coordenadas

Para minimizar as distorções em análises de área, todos os dados vetoriais foram reprojatados, no QGIS, para o Sistema de Referência SIRGAS 2000 (EPSG:4674), projeção UTM Zona 23S (EPSG:31983).

3.3.1.3 Edição dos registros do CAR

Foi necessário realizar uma edição nos dados do SICAR. Foram removidos os polígonos, tanto dos imóveis como das respectivas áreas ambientais, com status de “cancelado por decisão administrativa”, “cancelado por decisão judicial” e “cancelado de ofício”. Foram removidos 278 registros (1,9% do total). Em seguida, também foram identificados e excluídos os imóveis com geometrias duplicadas, o que resultou em mais 46 remoções (0,3% dos imóveis válidos). Ainda, foram corrigidas, automaticamente, a topologia de 234 geometrias.

3.3.2 Análise das Inconsistências Espaciais

Foi realizada a identificação e análise de ocorrência de sobreposição entre os polígonos dos imóveis e das áreas ambientais (reserva legal, APP, remanescente de vegetação nativa) declarados no CAR, com o objetivo de quantificar a extensão e o

percentual da área com essa inconsistência. As sobreposições ocorrem quando polígonos se interceptam, o que indica que a mesma área foi cadastrada uma ou mais vezes.

Foram realizadas também operações de interseção e diferença entre os polígonos dos imóveis rurais do CAR (após edição) e do SIGEF com o objetivo de analisar sobreposição e as lacunas entre as duas bases de dados para cada município, e, assim, evidenciar as divergências geométricas.

A validação declaratória das áreas ambientais declaradas no CAR foi realizada com uma comparação entre as áreas de Reserva Legal, de APP e de Remanescente de Vegetação Nativa declaradas e as áreas classificadas como Culturas Agrícolas e Pastagens na camada de Uso da Terra pelo TerraClass. Assim, foi possível quantificar as discrepâncias entre áreas ambientais declaradas no CAR e o resultado do mapeamento.

3.3.3 Classificação dos Imóveis Rurais

Os imóveis rurais foram classificados em categorias de tamanho (minifúndio, pequeno, médio, grande), baseada no valor do Módulo Fiscal (MF) de cada município e na Fração Mínima de Parcelamento (FMP), conforme a Lei 8.629/1993 e Lei 13.465/2017. Foi utilizado o complemento Classificação de Imóveis Rurais no QGIS, de autoria de MATIAS *et al.* (2024), para realizar a classificação.

3.3.4 Concentração Fundiária

Para a apuração do índice de Gini para a concentração de terras na área de estudo, inicialmente pensou-se em utilizar os dados do SIGEF por serem georreferenciadas e certificadas pelo INCRA, e, assim, mais confiável pois se descarta, praticamente, as sobreposições espaciais e as duplicidades cadastrais. Contudo, a baixa cobertura (35% dos imóveis) pode gerar distorções no levantamento. Foi utilizada, então, os dados do CAR devido a maior representatividade. No QGIS, exportou-se a base do CAR para um arquivo em formato .csv. Então, foi criado um arquivo apenas com os dados do código do imóvel e a sua área.

A análise foi feita com o software *Gretl* que gerou a *curva de Lorez* e calculou o índice *de Gini* (Equação (4)), que mede a Concentração Fundiária.

3.3.5 Impactos Tributários

O cálculo da estimativa do impacto fiscal (*Tax Gap*) no ITR no exercício de 2024, foi realizado com base no Valor da Terra Nua e nas áreas isentas. Substitui-se as áreas ambientais declaradas nas DITR pelas áreas obtidas pelo TerraClass, declaradas no CAR e validadas, como se pode ver na Equação (5):

$$Tax\ Gap = (A_i - A_v) \times VTN_m \times Alíquota_{ITR} \quad (5)$$

onde: A_i é a área isenta declarada; A_v é a área isenta comprovada e validada; VTN_m é o valor da terra nua média por município e a Alíquota foi arbitrada em 5%.

O VTN_m foi calculado com base nos valores das aptidões agrícolas que constam no Sistema de Preços de Terras – SIPT da RFB, informados pelos municípios anualmente. Dois municípios não informaram esses valores, então foram utilizados os valores do RAMT, apurado pelo INCRA.

3.3.6 Impactos Ambientais

Foram quantificadas as áreas de vegetação subnotificadas, ou seja, áreas ambientais declaradas, mas que não estão condizentes com a realidade do uso da terra. Para isso, foi realizada uma comparação entre áreas de APP, RL e remanescente de vegetação nativa informadas no CAR e a cobertura da terra mostrada nos dados do Projeto TerraClass.

3.3.7 Desenvolvimento do Modelo de Validação Proposto

Foi feito uma estrutura teórica propondo validação cruzada do CAR, tecnicamente viável, baseada em geotecnologias e em regras de acordo com o arcabouço legal. Contudo, somente essa validação não é suficiente, mas é um primeiro passo, para resolver os problemas das inconsistências cadastrais dos imóveis rurais no Brasil.

A fragmentação e a falta de integração e de interoperabilidade entre os cadastros é o que permite a perpetuação das inconsistências analisadas. Uma mesma área pode ser tratada como múltiplas matrículas no registro civil, um único imóvel para

fins fiscais e vários polígonos no CAR, gerando sobreposições, subnotificações e o consequente *Tax Gap* do ITR.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através da aplicação das metodologias descritas no Capítulo 3, organizados em subseções temáticas que abordam as inconsistências cadastrais identificadas, a concentração fundiária, os impactos tributários e ambientais, e o modelo de validação proposto.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DETALHADA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, compreendendo oito municípios do MATOPIBA piauiense, apresenta características sociodemográficas que refletem o processo de modernização agrícola da região nas últimas décadas.

A Tabela 4 mostra um resumo dos indicadores socioeconômicos dos municípios da área de estudo, evidencia uma diferença significativa entre os municípios, embora sejam vizinhos. Os Municípios com forte presença da agricultura empresarial (Baixa Grande do Ribeiro, Uruçuí, Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena e Currais) tem um PIB per capita elevado, impulsionado pela produção de grãos em larga escala. Contudo, apresentam alta concentração de renda (Gini > 0,58) e IDHM moderado (0,578-0,638), o que mostra que riqueza gerada não se distribui equitativamente.

Tabela 4. Indicadores Socioeconômicos dos Municípios da Área de Estudo

Município	População (2024)	Taxa Urbanização	PIB per capita (R\$)	IDHM (2010)	Gini Renda
Baixa Grande do Ribeiro	13.838	63,00%	129.459	0,602	0,56
Uruçuí	26.501	85,30%	78.456	0,638	0,53
Ribeiro Gonçalves	6.215	71,90%	93.932	0,591	0,57
Santa Filomena	6.249	28,90%	103.245	0,578	0,61
Bom Jesus	30.321	82,00%	55.119	0,700	0,62
Currais	4.968	30,30%	80.089	0,500	0,51
Monte Alegre	10.910	29,50%	28.073	0,621	0,57
Gilbués	11.166	69,60%	38.969	0,500	0,68
Média/Total	100.163	47,70%	79.131	0,612	0,57

Fonte: elaborado pelo autor, com dados do PNUD e do IBGE⁶.

⁶ Os dados do PNUD (IDHM e Gini Renda) são de 2010. Os dados de População e Taxa de Urbanização são de 2024 e do PIB per capita de 2021, todos do IBGE.

Municípios de transição como Bom Jesus, Monte Alegre e Gilbués apresentam economias diversificadas, onde coexistem a agricultura empresarial e a familiar. Nestes dois últimos, embora predomine a pecuária extensiva e a agricultura familiar, observa-se um avanço gradual da monocultura da soja.

A discrepância entre riqueza e bem-estar é evidente. De um lado, Bom Jesus, polo regional, detém o melhor IDHM (0,700), enquanto Baixa Grande do Ribeiro, apesar de possuir o maior PIB per capita (R\$ 129.459), apresenta um IDHM significativamente inferior (0,602). Essa assimetria reforça que a modernização agrícola e o alto PIB não resultam, necessariamente, em desenvolvimento humano proporcional. Tal cenário é reflexo de uma estrutura fundiária altamente concentrada, onde apenas 6,5% dos imóveis detêm 60,3% da área total, o que fomenta a desigualdade e ajuda a explicar as inconsistências cadastrais identificadas nesta pesquisa.

4.2 INCONSISTÊNCIAS CADASTRAIS IDENTIFICADAS

A análise revelou múltiplas inconsistências entre os sistemas cadastrais, a seguir explicitadas.

4.2.1 Bases Cadastrais Divergentes

A comparação entre diferentes sistemas cadastrais revelou divergências substanciais no registro de imóveis rurais. A Tabela 5 apresenta as divergências na quantidade de imóveis rurais registrados em cada base de dados, por município.

Tabela 5. Quantidade de Imóveis Rurais por Base Cadastral

Município	Quantidade de Imóveis				
	SNCR	SIGEF	CAFIR	CAR	IBGE
Baixa Grande do Ribeiro	1.570	560	1.192	1.980	913
Bom Jesus	1.260	373	1.142	1.631	1.023
Currais	860	229	955	1.135	759
Gilbués	1.586	307	1.148	1.934	761
Monte Alegre do Piauí	781	229	797	2.152	1.608
Ribeiro Gonçalves	1.052	335	701	1.225	345
Santa Filomena	874	473	548	1.290	640
Uruçuí	2.298	1.110	1.601	2.953	1.220
TOTAL	10.281	3.616	8.084	14.300	7.269

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Os dados foram apurados em 01/03/2025 para o SNCR, o SIGEF (incluindo os registros do SNCI), o CAFIR e o CAR. Para o IBGE foram utilizados os dados do último Censo Agropecuário realizado em 2017.

Como se pode observar, há divergências significativas entre as bases de dados oficiais, o que evidencia a completa falta de integração no sistema cadastral brasileiro. A base mais abrangente é o CAR, com 14.300 imóveis registrados, contudo, em termos de área, o registrado no CAR soma 5,13 milhões de hectares (Mha), enquanto o SNCR/CNIR, que tem 10.281 cadastros, tem 7,7 Mha (Tabela 6). Este ainda tem imóveis inativos, duplicado e com erro de área, o que fica evidente nessa comparação.

Tabela 6. Quantidade e Área dos Imóveis Rurais por Base Cadastral

Base de Dados	Imóveis	Área (Mha)
CAR	14.300	5,2
SNCR/CNIR	10.281	7,7
SIGEF	3.616	2,7
IBGE (2017)	7.266	2,2
CAFIR	8.084	6,1

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Os dados dos registros no SIGEF mostram, ainda, que, apesar da obrigatoriedade da certificação à época da coleta dos dados⁷, a quantidade de imóveis

⁷ O Decreto 12.689/2025, publicado em 21/10/2025, prorrogou o prazo para a obrigatoriedade da certificação de georreferenciamento dos imóveis rurais junto ao INCRA até 21/10/2029.

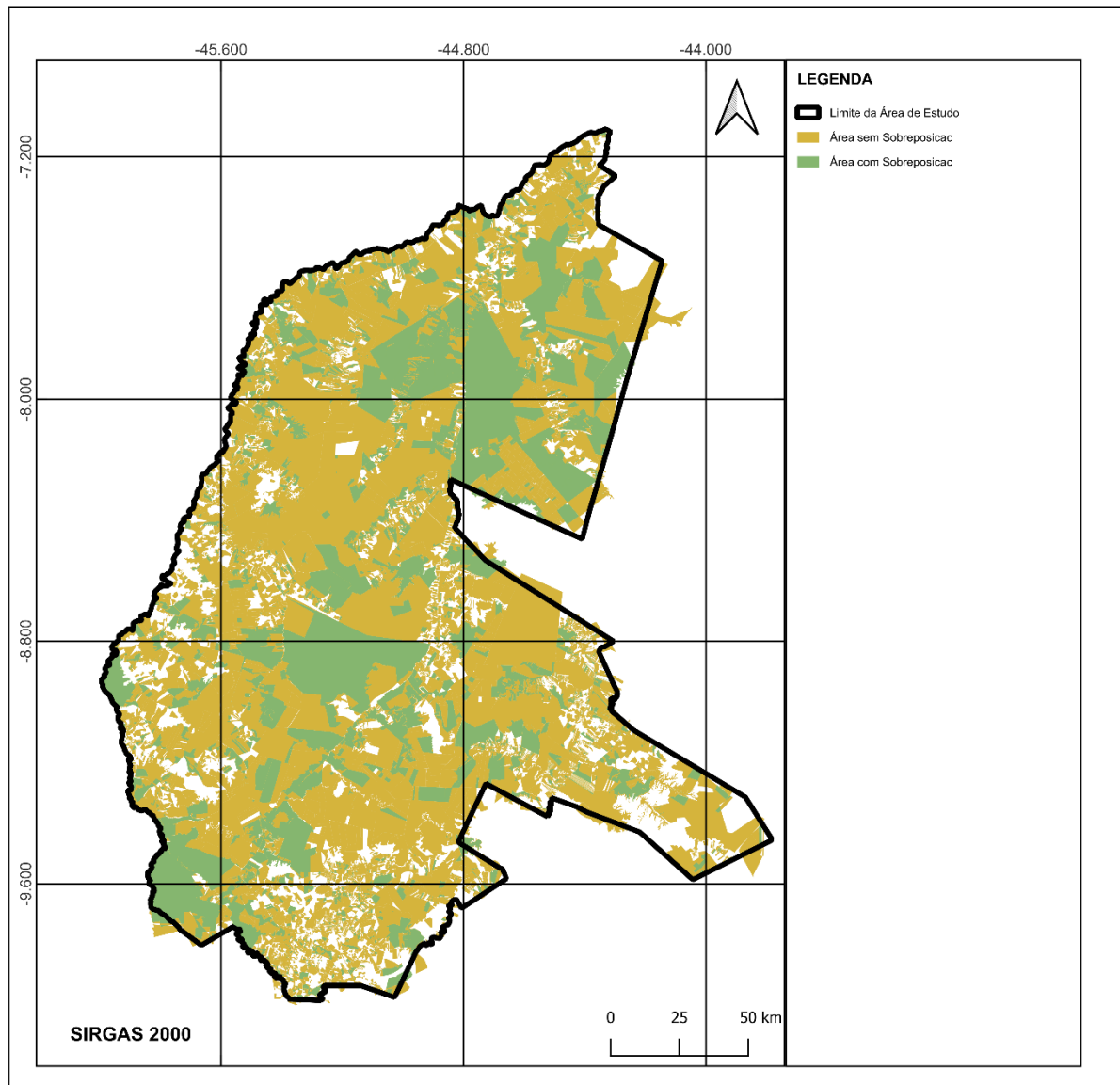
georreferenciados e certificados na área de estudo pode ser considerada baixa (35,1%).

Essa falta de integração entre as bases cadastrais impossibilita a identificação unívoca de cada um dos imóveis rurais, bem como o número preciso destes, o que dificulta a fiscalização fiscal e ambiental, como também um planejamento territorial efetivo.

4.2.2 Sobreposições no CAR

A análise espacial identificou que 10.575 imóveis registrados no CAR estão com sobreposição espacial a outros registros, o que equivale a, aproximadamente, 56% da soma das áreas dos imóveis registrados no CAR (2,9 Mha). Contudo, em termos de área isso equivale a 1,1 Mha da área total registrada no CAR na área de estudo (32,3%), conforme pode-se observar na Figura 9, enquanto não ocorrem sobreposições em 2,4 Mha. Isso acontece devido a ocorrência de sobreposição de um ou mais imóveis na mesma localização espacial. Essa situação, também, foi verificada nas áreas ambientais declaradas, aproximadamente, na mesma proporção.

Figura 9. Sobreposições no CAR



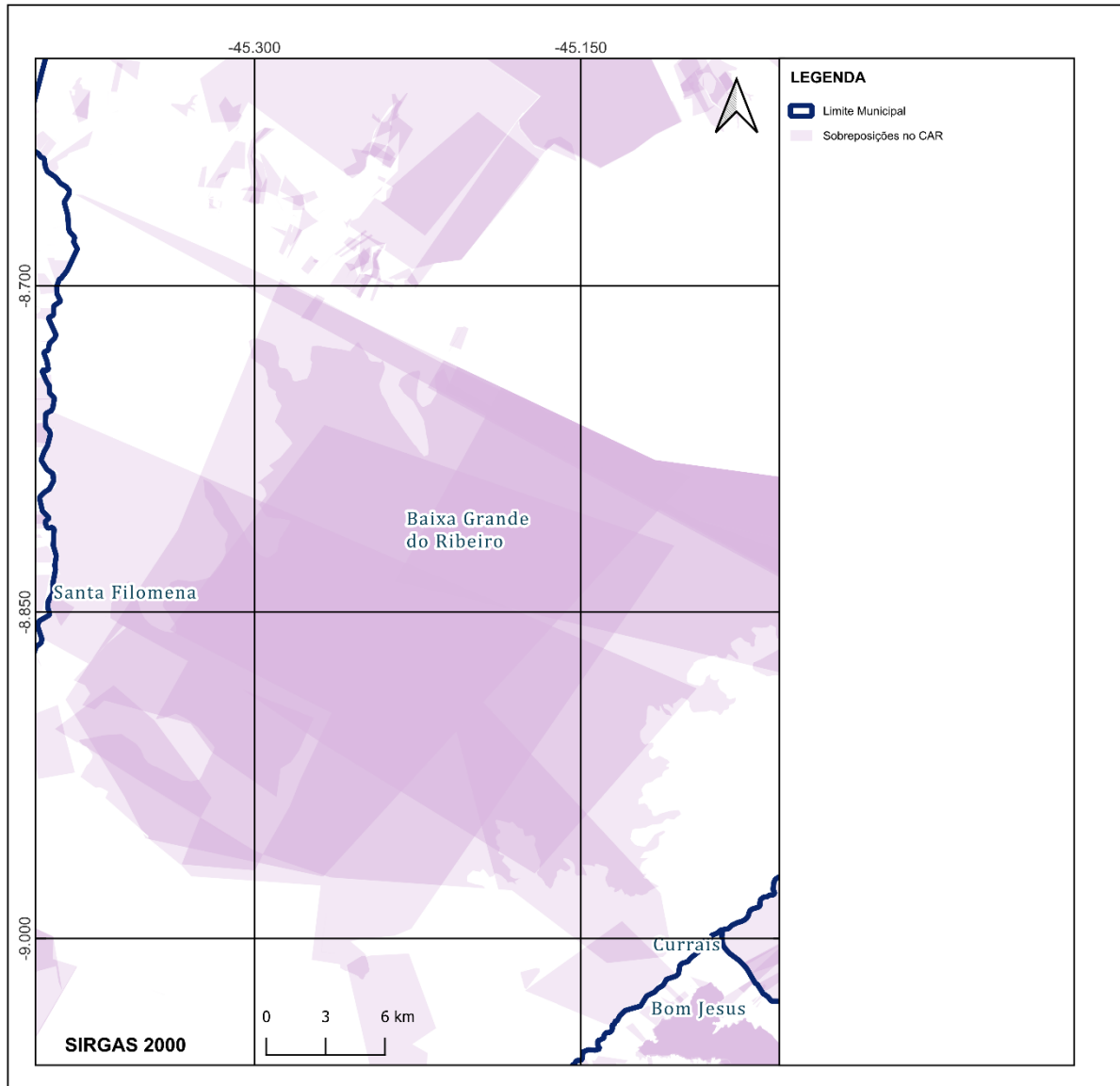
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A análise identificou que as maiores sobreposições estão concentradas em Uruçuí (145.680 ha), Baixa Grande (128.340 ha) e Ribeiro Gonçalves (98.750 ha), em regiões de recente expansão agrícola, com histórico de conflitos fundiários e grilagem de terras e com muitas glebas de terra públicas, conforme apresentado por AGUIAR, *et al.* (2021), que, ainda, destacam a presença de empresas e grileiros que promovem desmatamento, cercamentos e violências.

Em 423 dos imóveis (4% do total) foram observadas sobreposição igual ou maior que 75% das suas áreas. Isso evidencia a ausência de controle topológico no sistema. A Figura 10 apresenta um exemplo de sobreposição espacial imóveis no

CAR no município de Baixa Grande do Ribeiro. Quanto mais escura a área na figura, mais imóveis estão sobrepostos.

Figura 10. Sobreposição espacial detalhada de imóveis no CAR



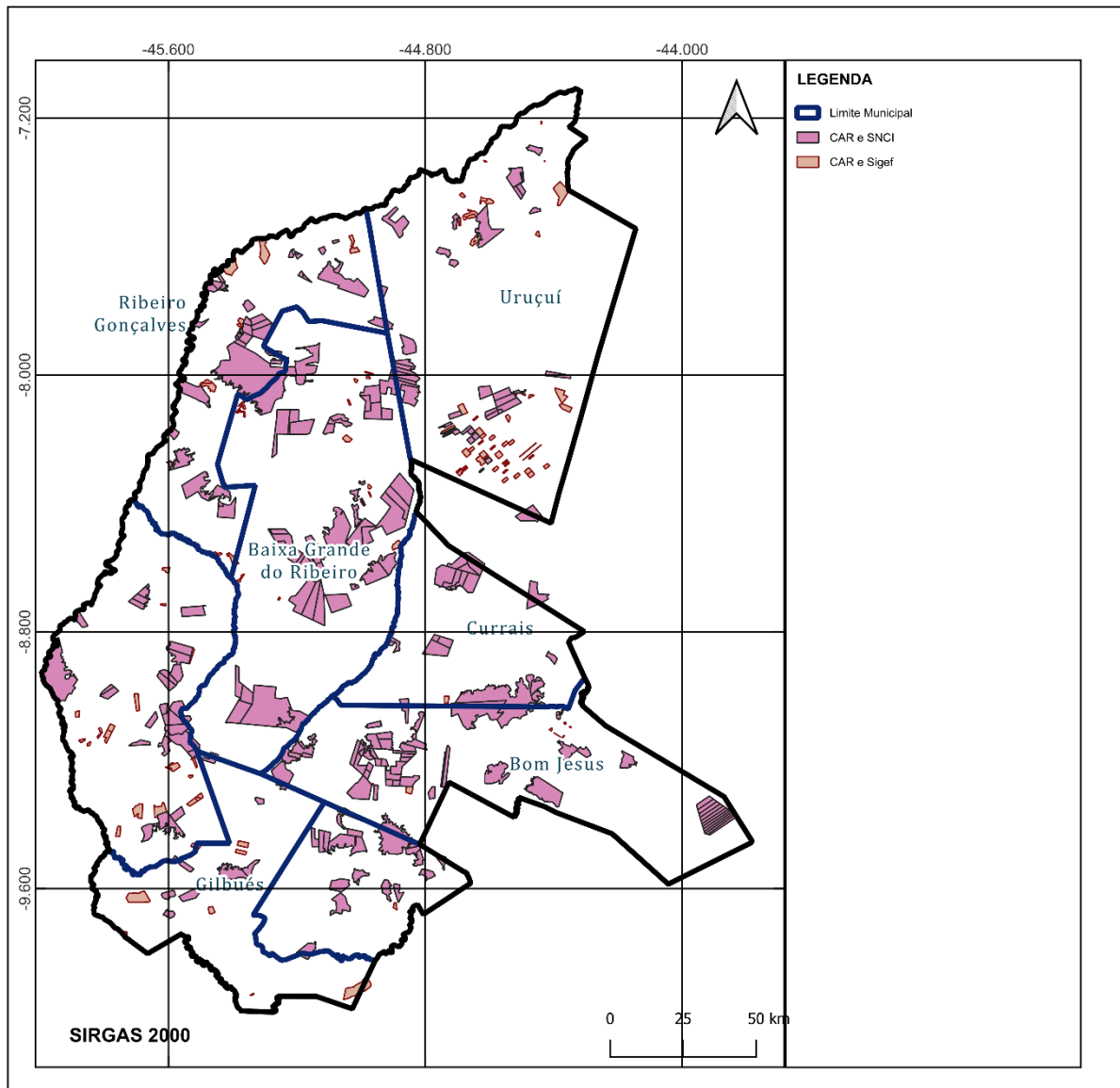
Fonte: o autor (2025).

Essas sobreposições causam insegurança jurídica, visto que vários atores reivindicam a titularidade da terra, bem como podem ter a finalidade de fraudes no crédito rural ou grilagem. Também, compromete o monitoramento ambiental, uma das funções do CAR, pois dificulta a identificação do responsável pela área.

4.2.3 Inconsistências Espaciais entre o CAR e o SIGEF/SNCI

A comparação geométrica entre o CAR e o SIGEF, revelou que apenas 349 imóveis têm geometrias semelhantes nos cadastros (Figura 11), o equivalente a 20% da área dos imóveis cadastrados no SIGEF/SNCI, que tem uma precisão mais apurada e confiável.

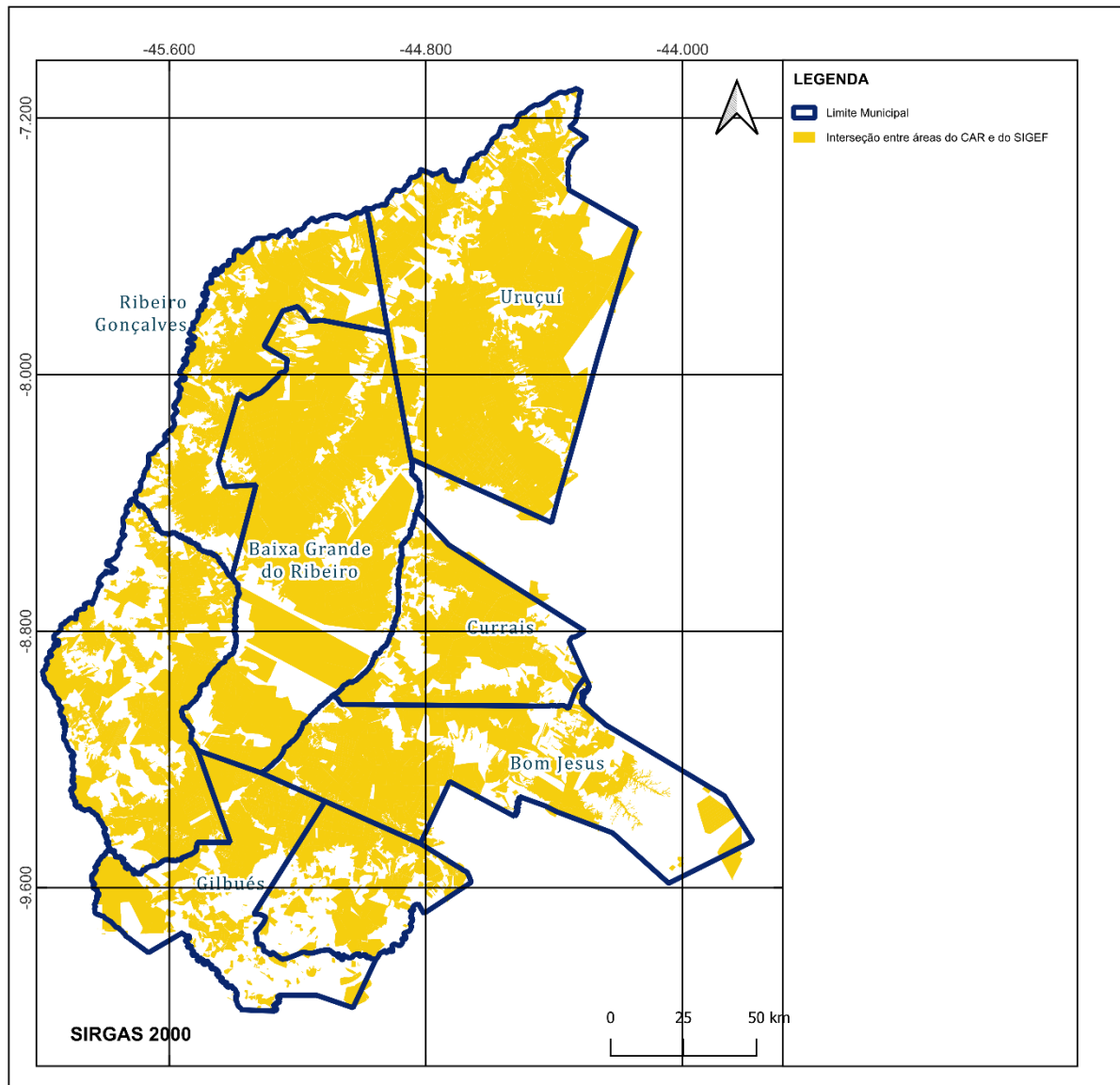
Figura 11. Imóveis com geometrias semelhantes no CAR e SIGEF/SNCI.



Fonte: o autor (2025).

A área de interseção entre o CAR e o SIGEF (Figura 12) é de 2,7 Mha, o que equivale a 79,4% da cobertura pelo CAR e a, praticamente, 100,0% no SIGEF. Apesar, disso, a baixa porcentagem de imóveis com geometrias iguais que mostra a baixa similaridade espacial entre os dois.

Figura 12. Áreas de Interseção entre o CAR e o SIGEF



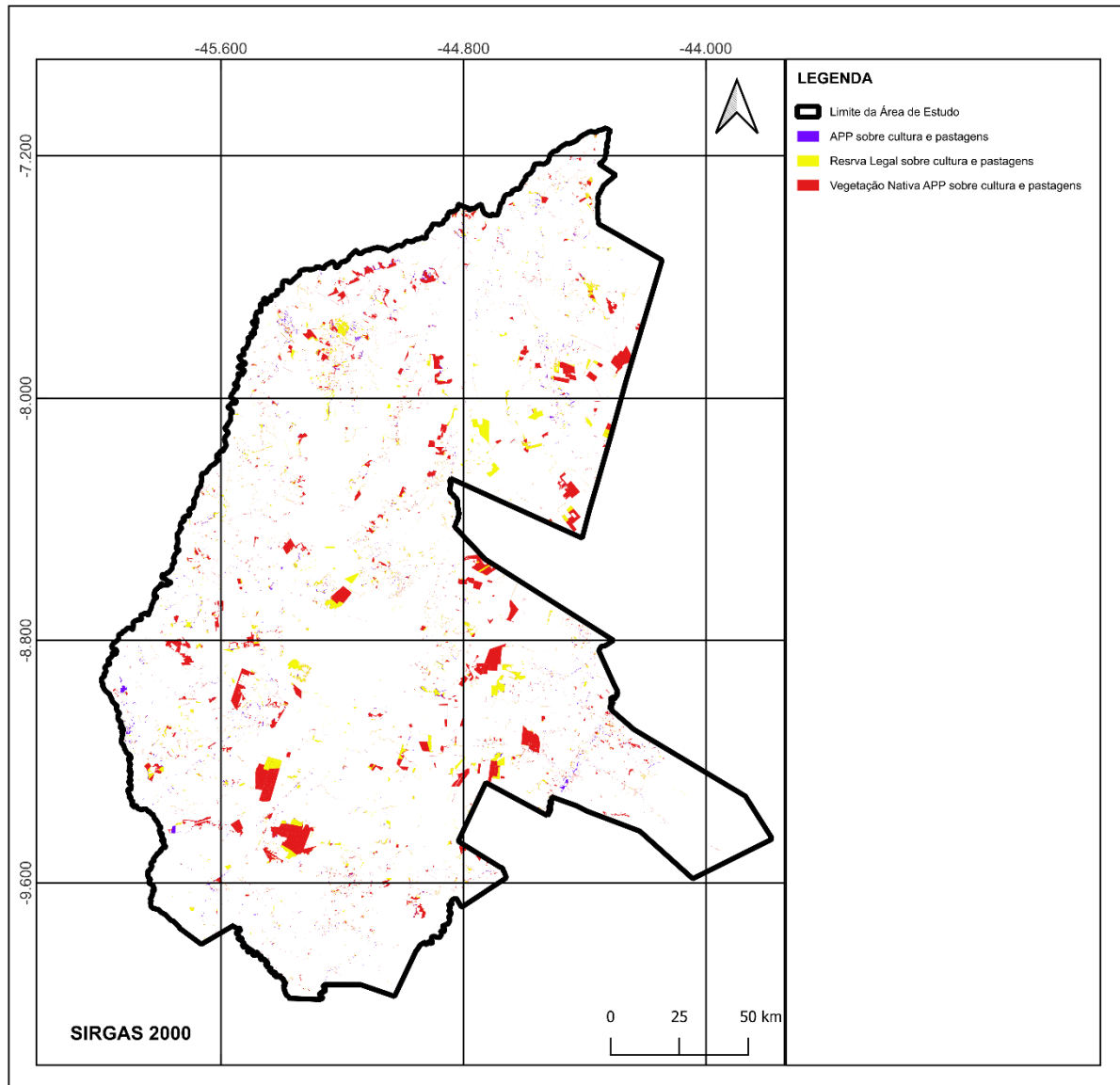
Fonte: o autor (2025).

4.2.4 Inconsistências Espaciais em Áreas Ambientais

A comparação entre as áreas ambientais declaradas no CAR e a cobertura vegetal obtida pela classificação do projeto TerraClass evidenciou discrepâncias expressivas. Enquanto o CAR registra um total de 2,9 Mha ambientais, o TerraClass identifica apenas 2,5 Mha com essa característica. Portanto, há um excedente de aproximadamente 400 mil hectares declarados como áreas ambientais, mas que, na realidade, correspondem a áreas utilizadas com agricultura e pastagens. Essa divergência pode ser visualizada na Figura 13, que apresenta as sobreposições

especiais entre as áreas ambientais declaradas no CAR e aquelas classificadas como culturas e pastagens pelo TerraClass.

Figura 13. Áreas ambientais sobrepostas a áreas cuja classe são Culturas e Pastagens



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Na análise das áreas ambientais registradas no CAR, principalmente de APP, RL e florestas nativas, seus polígonos foram comparados com as respectivas imagens de satélite, onde se observou inconsistências entre o declarado e a realidade do uso da terra. A Figura 14 mostra, áreas declaradas como Reserva Legal, cujos polígonos aparecem delimitados pela cor verde na imagem, são na verdade áreas de cultura agrícola, identificadas após comparação com uma imagem de satélite, utilizando o

valor da mediana para o ano 2024, capturada pelo sensor Landsat 8 e obtida na plataforma GEE.

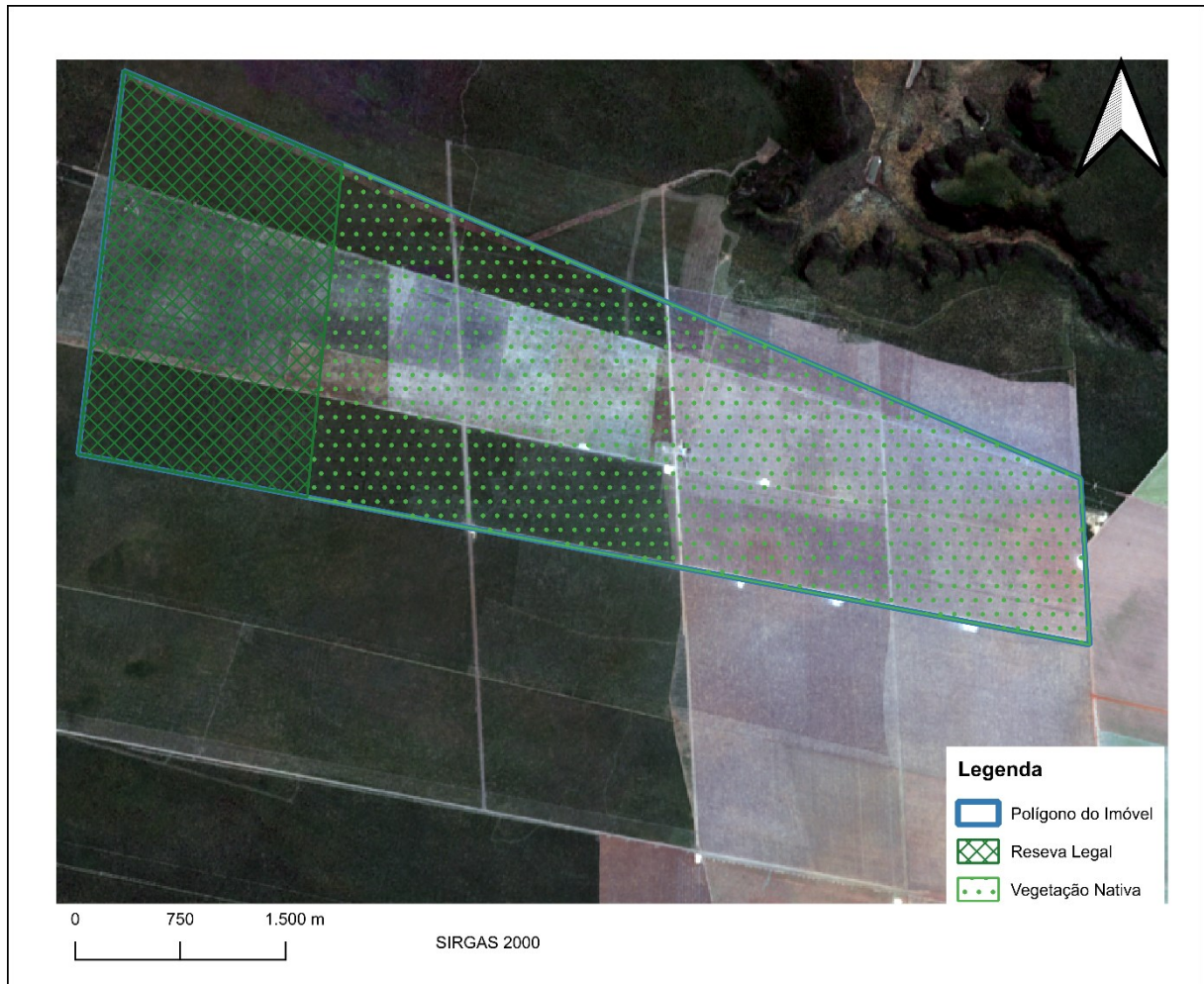
Figura 14. Áreas de cultivo agrícola declaradas como Reserva Legal no CAR



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Figura 15, apresenta o imóvel com perímetros semelhantes tanto no CAR quanto no SIGEF (delimitados pela linha azul). Contudo, verificou-se, que há uma divergência quanto ao uso da terra. Enquanto as informações declaradas no CAR classificam a área total como Reserva Legal (RL) e Remanescente de Vegetação Nativa, a imagem demonstra que quase a totalidade da propriedade está ocupada por produção agrícola.

Figura 15. Inconsistência ambiental encontrada na base do CAR



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Figura 16 apresenta um exemplo mais detalhado de Reserva Legal declarada no CAR sobre culturas agrícolas, evidenciando uma falsa declaração de áreas ambientais com objetivo, possivelmente, de maximizar a isenção fiscal e burlar a fiscalização ambiental. A linha preta é o polígono do imóvel, enquanto as hachuras em verde é a Reserva Legal declarada. Percebe-se que no imóvel em análise, o solo é usado, quase na sua totalidade, para produção agrícola.

Figura 16. Reserva Legal declarada em área de cultivo agrícola



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.3 CONCENTRAÇÃO FUNDIÁRIA

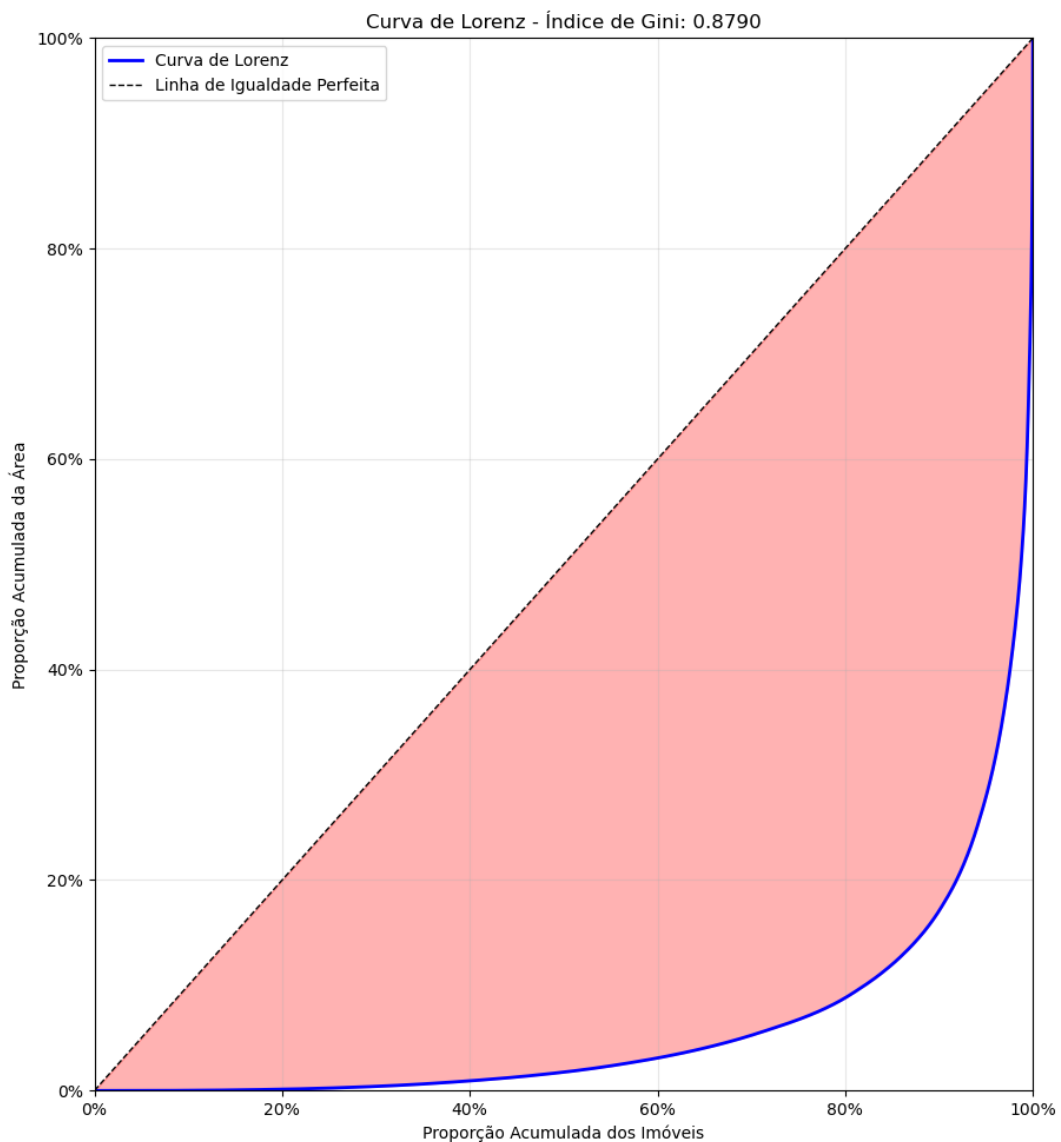
A análise estatística de concentração fundiária apresentou os seguintes resultados:

- Total de imóveis: 14.300 imóveis
- Área total: 5,2 Mha
- Área média: 343,3 ha
- Área mediana: 35,3 ha
- Maior área: 119.606,9 ha
- Menor área: 0,01 ha

O cálculo do Índice de Gini para a distribuição de terras na área de estudo resultou em 0,879 para a região, conforme apresentado na Figura 17. Este valor,

extremamente alto e alinhado aos índices nacionais (próximo a 0,87, conforme apresentado por HOFFMAN *et al.*, 2018), indica uma concentração fundiária severa. A análise da distribuição corrobora com essa constatação, visto que 9,7% dos imóveis (grandes propriedades > 500 ha) controlam 82,5% das terras, enquanto 71,6% dos imóveis (minifúndios e pequenas propriedades) ocupam apenas 5,7% da área.

Figura 17. Curva de Lorenz, Índice de Gini e Distribuição das Áreas dos Imóveis



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

4.4 IMPACTOS TRIBUTÁRIOS DAS INCONSISTÊNCIAS

No exercício de 2024, havia 10.281 imóveis cadastrados no SNCR, sendo que 8.084 estão também cadastrados no CAFIR, ou seja, em tese teriam que fazer a DITR. Contudo, foram enviadas à RFB 5.889 declarações (72,8%). Isso pode significar sonegação ou dispensa legal (casos de imunidade e/ou isenção). Quando se divide o valor total do ITR pago no exercício de 2024 (R\$ 15,1 milhões), mostrado na Tabela 7, pela área total dos imóveis cadastrados no CAFIR na região (6,1 Mha), revela que se arrecada, em média, R\$ 2,49 por hectare. Caso se leve em consideração apenas as áreas dos imóveis que transmitiram a DITR (4,2 Mha), tem-se o valor médio de R\$ 3,62 por hectare.

Tabela 7. Quantidade de Declarações e Arrecadação do ITR/2024

Município	Imóveis no SNCR	Imóveis no CAFIR	DITR	Arrecadação (em mil R\$)
Baixa Grande do Ribeiro	1.570	1.192	938	6.011,64
Bom Jesus	1.260	1.142	888	1.477,89
Currais	860	955	705	782,40
Gilbués	1.586	1.148	892	1.205,49
Monte Alegre do Piauí	781	797	712	272,95
Ribeiro Gonçalves	1.052	701	433	1.762,88
Santa Filomena	874	548	474	788,02
Uruçuí	2.298	1.601	1.409	2.880,30
TOTAL	10.281	8.084	6.451	15.181,57

Fonte: elaborado pelo autor, com dados da RFB (2024).

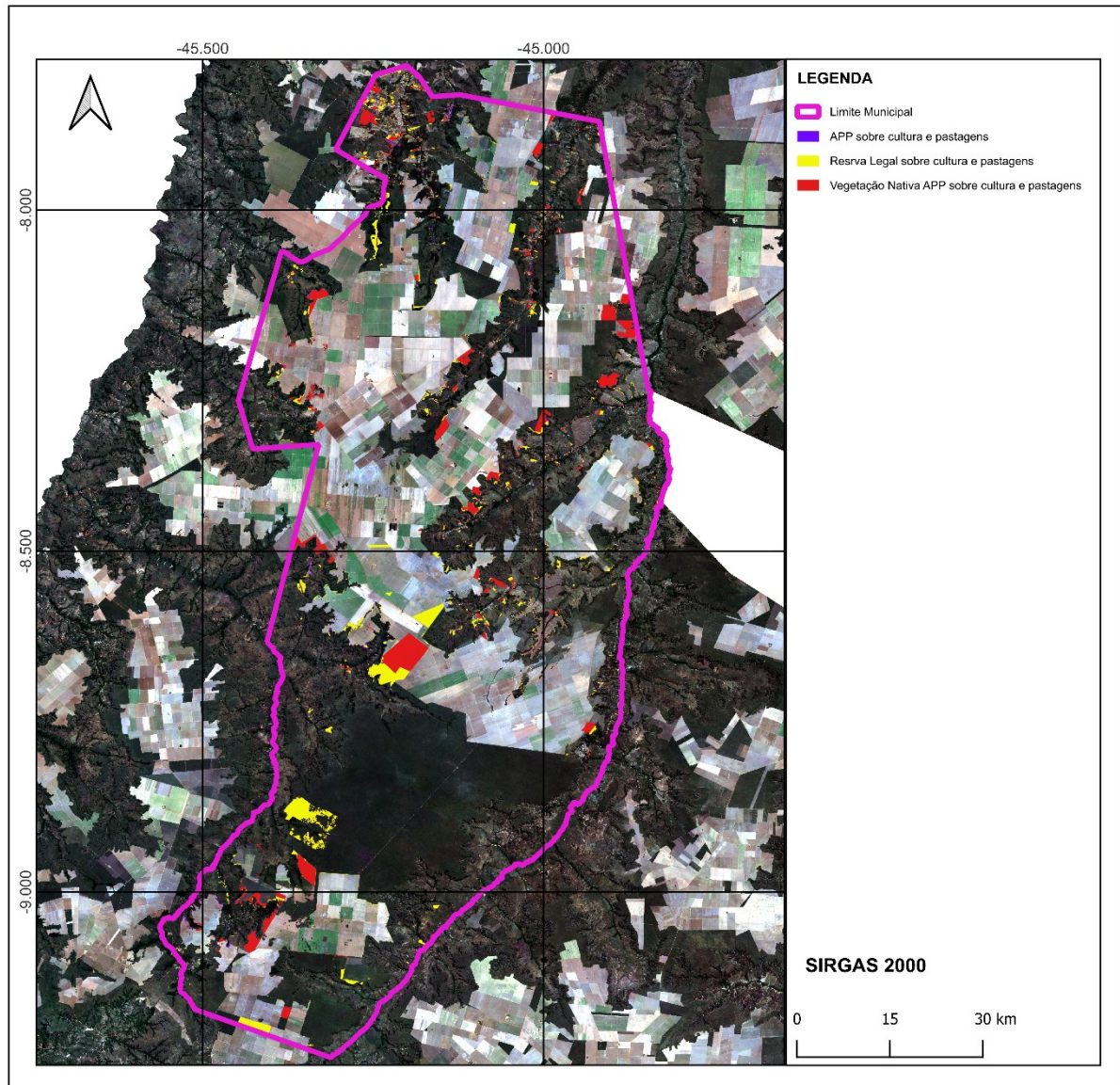
Constatou-se que foram declaradas áreas ambientais (isentas) em 2.221 (34,4 %) DITR, mas em apenas 516 destas (23,2%) foram informados o número do CAR. Somente dois desses registros está com a análise concluída, em conformidade com a Lei n 12.651/2012. Outros 37,2 % dos registros informados em DITR não eram válidos ou pertenciam a outros imóveis.

Por exemplo, no município de Baixa Grande do Ribeiro, das 94 DITR que informaram o número do CAR, apenas 34 desses eram válidos ou pertenciam aos imóveis rurais do município, ou seja 36,2%.

Em relação aos registros válidos, nem todas as áreas ambientais informadas condizem com o real uso da terra. Tomando Baixa Grande do Ribeiro como exemplo, dos 149,1 mil hectares declarados como áreas ambientais, constatou-se que 27,9 mil

hectares (18,7%) estão sobrepostos a áreas de pastagens e culturas agrícolas, conforme demonstrado na Figura 18, mediante comparação com o TerraClass.

Figura 18. Áreas ambientais declaradas no CAR que estão sobrepostas a áreas de culturas agrícolas e pastagens



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Essas inconsistências identificadas podem representar um tax gap entre R\$ 51,7 milhões/ano (conservador) e R\$ 104,3 milhões (se levar em consideração os imóveis que estão cadastrados no SNCR e não estão vinculados a um CIB), apenas nos oito municípios estudados. A Tabela 8 mostra uma projeção, moderada, com base nas DITR do exercício de 2024.

Tabela 8. Projeção do *tax gap* com base na DITR/2024

Município	Área Isenta Declarada (ha)	Área Isenta Validada (ha)*	VTN/ha (SIPT) - em R\$	Alíquota Média Arbitrada	Tax Gap - em R\$
Baixa Grande do Ribeiro	205.036,0	56.947,6	1.891,01	5%	14.001.832,26
Bom Jesus	76.515,2	19.016,6	1.694,30	5%	4.870.989,81
Currais	59.364,7	39.651,8	1.723,51	5%	1.698.765,85
Gilbués	92.542,2	22.749,3	622,00	5%	2.170.559,19
Monte Alegre do Piauí	33.526,7	4.152,3	284,00	5%	417.116,48
Ribeiro Gonçalves	53.908,2	17.158,0	2.450,46	5%	4.502.747,92
Santa Filomena	99.587,2	21.605,2	5.989,34	5%	23.353.039,46
Uruçuí	205.720,6	54.707,7	1.368,08	5%	10.329.901,22
TOTAL	826.200,8	235.988,5	16.022,7		61.344.952,20

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

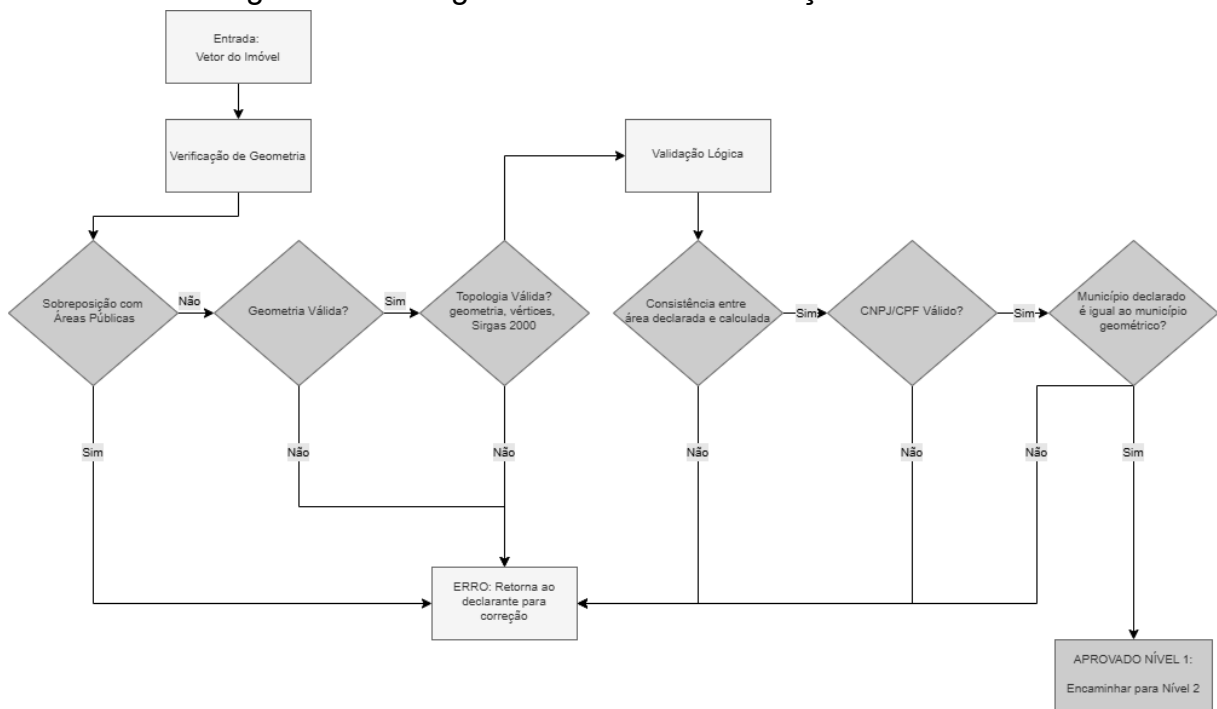
Observou-se, assim, que quase a totalidade das DITR enviadas com área ambiental, que goza de isenção, necessitam de validação efetiva. Essa situação causa distorções bastantes significativas na arrecadação do ITR. Outra parte, são declarações falsa que podem configurar tanto crime tributário (Lei 8.137/1990, Art. 1º, II - Declaração falsa com fim de suprimir tributo) como crime ambiental (Lei 9.605/1998, Art. 69-A).

4.5 MODELO TEÓRICO DE VALIDAÇÃO

Com base nas inconsistências identificadas na pesquisa, propõe-se um modelo teórico de validação para o Cadastro Ambiental Rural (CAR), estruturado em quatro níveis hierárquicos de validação, progressivamente mais complexos e com crescente intervenção humana e técnica. O objetivo é garantir confiabilidade, consistência e conformidade legal dos dados cadastrais, minimizando fraudes, sobreposições e declarações inconsistentes:

- Nível 1: Validação automática imediata, executada automaticamente no momento do cadastramento no SICAR, baseada em regras lógicas e geométricas, sem intervenção humana, objetivando detectar e rejeitar inconsistências básicas, com a aprovação ou rejeição automática (Figura 19).

Figura 19. Fluxograma do Nível 1: Validação Automática



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

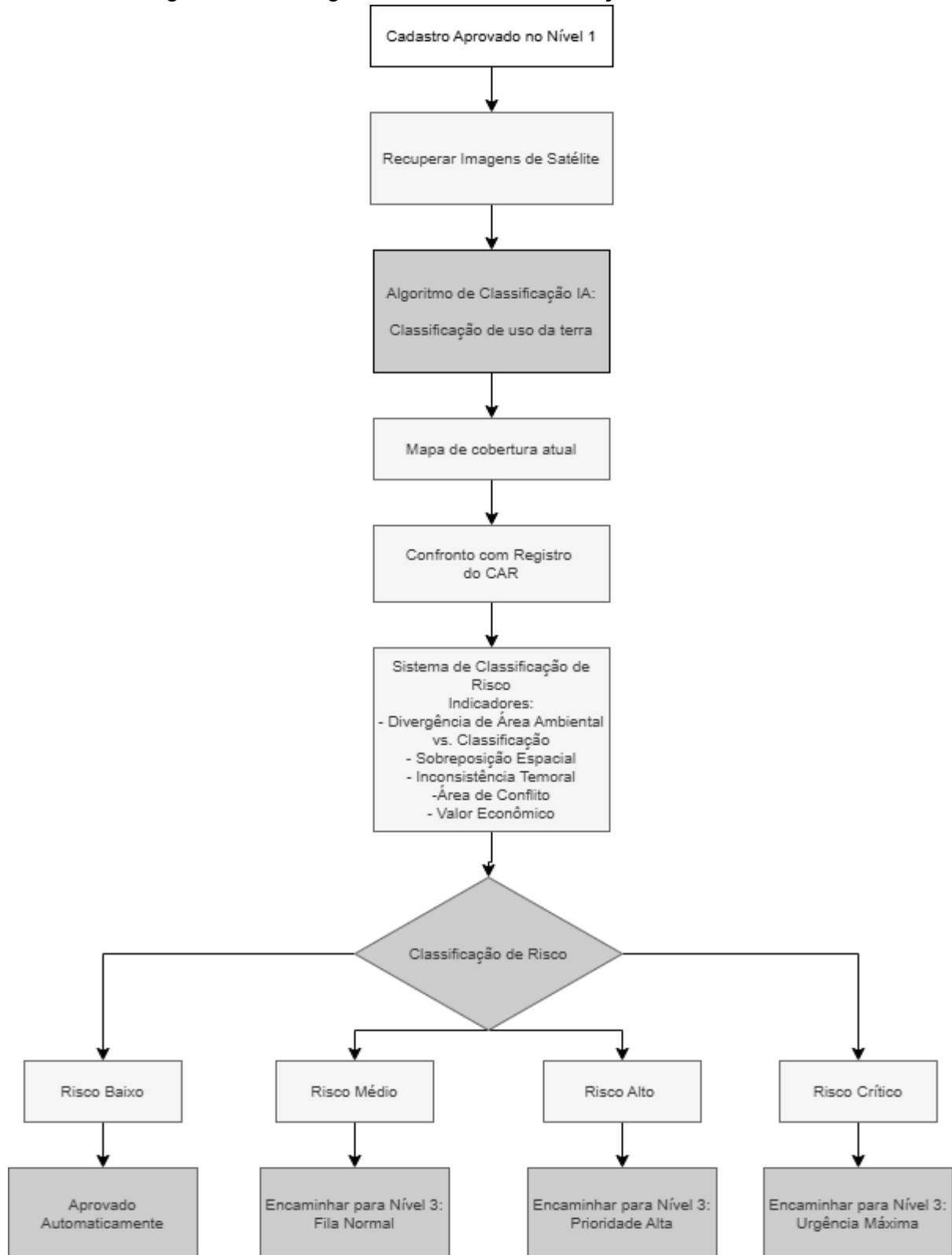
Nesse nível, são verificados:

- A ocorrência de sobreposição com imóveis já cadastrados e validados e com áreas de proteção ambiental, quilombolas e de comunidades tradicionais.
- A topologia básica e o sistema de coordenadas.
- A consistência entre a área declarada e a área calculada, bem como entre a área total e a soma das áreas de APP, RL, uso consolidado, remanescente de vegetação nativa e outras.
- O formato e a completude dos campos obrigatórios (CPF, nome, município, outros).

- Nível 2: Validação semiautomática, tem por objetivos cruzar os dados declarados com imagens de satélite, com o uso de classificações de uso da terra (TerraClass, MapBiomas) e detectar e classificar o risco de inconsistências, por intermédio da aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial (IA), como redes neurais e árvores de decisão. Deve ser executada em lote (*batch*) mensal para todos os CAR pendente de análise e gerar alertas de risco (baixo, médio, alto e crítico). O risco baixo deve ser aprovado, o médio e o alto devem ficar para a análise humana

de casos suspeitos, enquanto o crítico gera o bloqueio do registro e é encaminhado para a análise mais urgente (Figura 20).

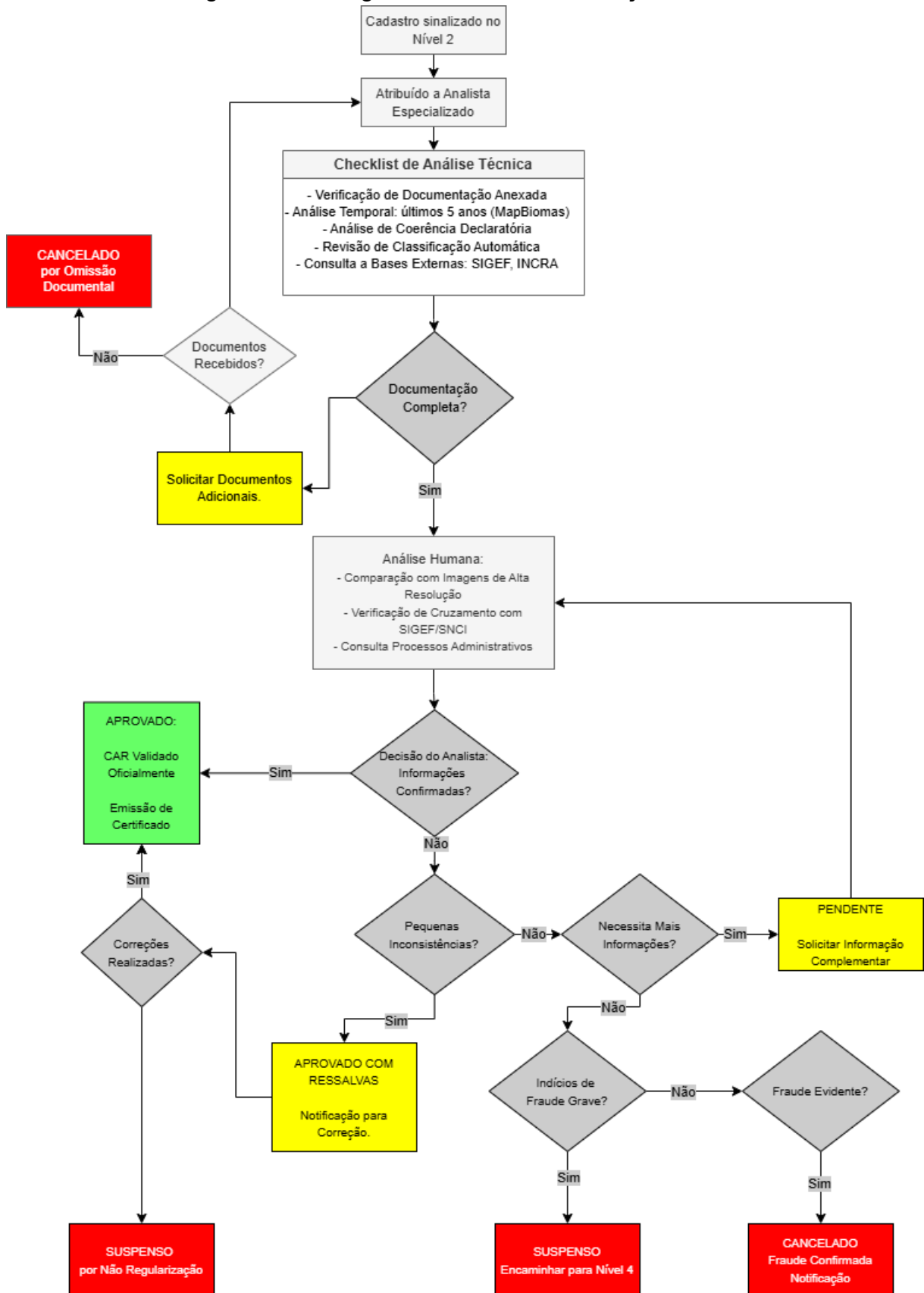
Figura 20. Fluxograma do Nível 2: Validação Semiautomática



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

- Nível 3: Validação por técnicos especializados dos casos sinalizados no Nível 2. Deve-se revisar a documentação, analisar imagens de alta resolução e séries temporais. e, se for o caso, solicitar esclarecimentos e documentos adicionais para proferir uma decisão fundamentada. O fluxo dessa etapa é mostrado na Figura 21.

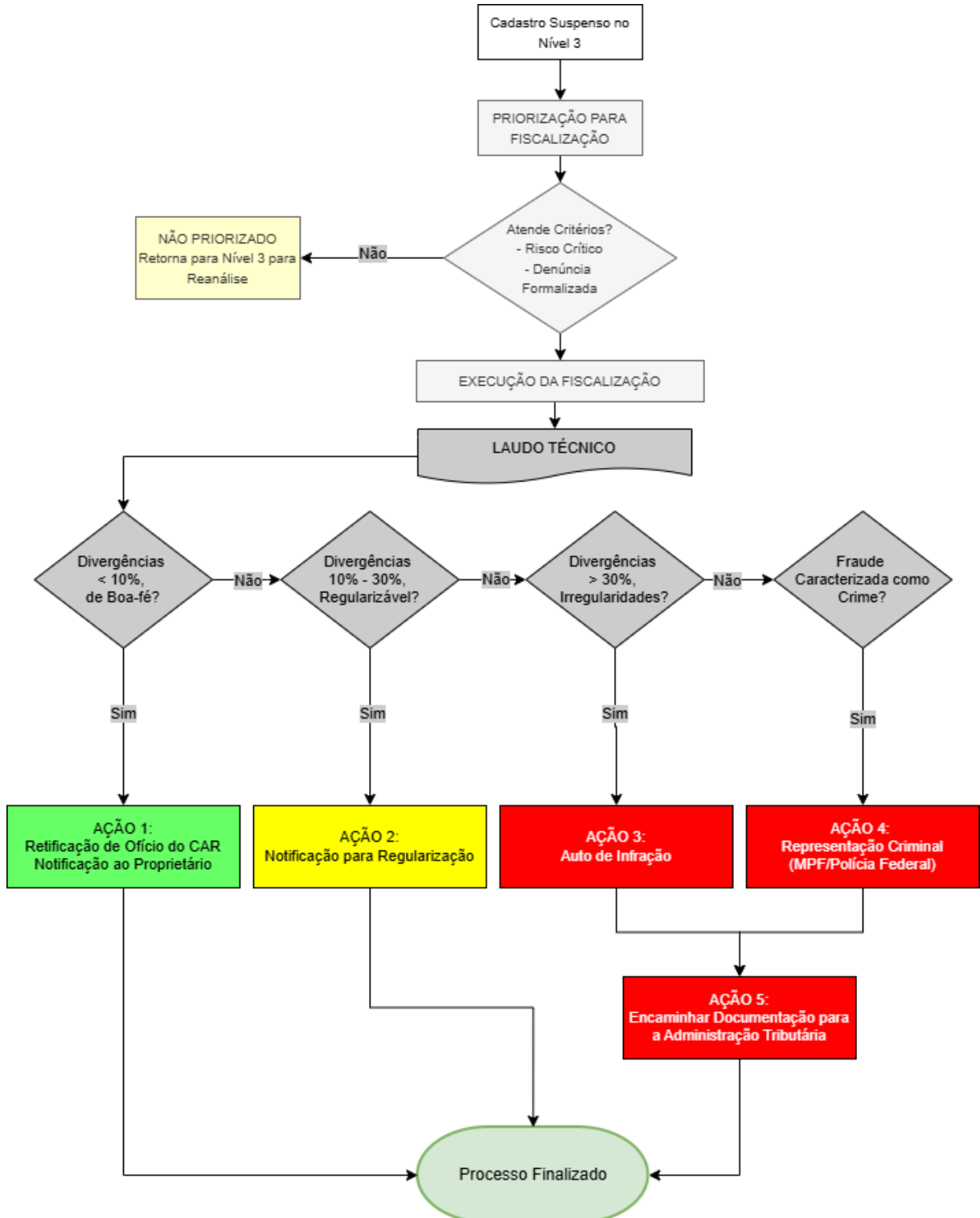
Figura 21. Fluxograma do Nível 3: Validação Técnica



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

- Nível 4: Fiscalização *in loco*. Sem dúvida, a etapa mais difícil de ser implementada devido à carência de recursos e de técnicos capacitados. Por isso, devem ser priorizados os casos de alto valor ou alto risco. A fundamentação da decisão deve ser apresentada em Laudo Técnico após visita presencial ao imóvel e de levantamento geodésico. As etapas do nível 4 são mostradas na Figura 22.

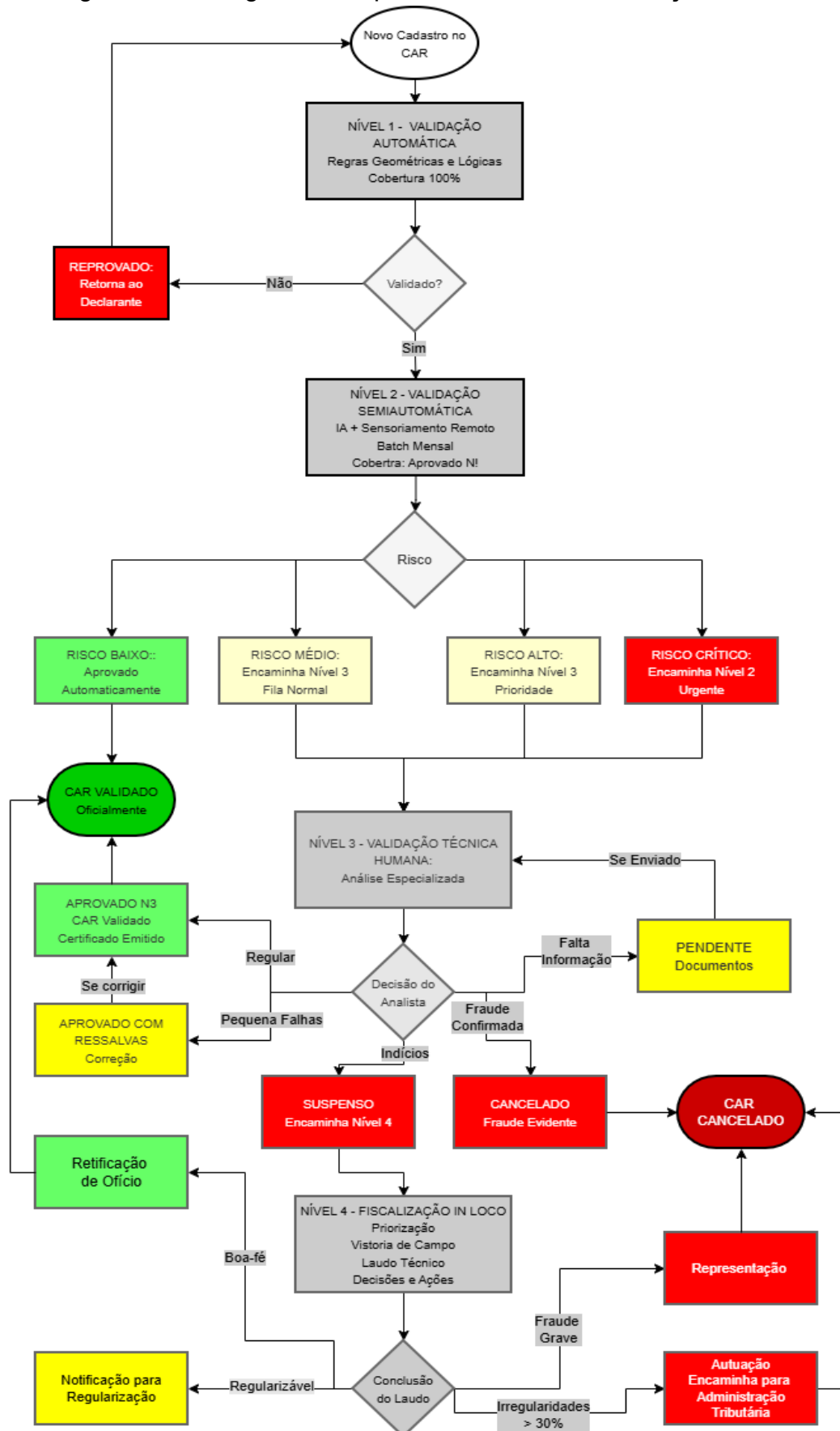
Figura 22. Fluxograma do Nível 4: Fiscalização *in loco*



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A Figura 23 mostra o fluxo completo do modelo de validação proposto:

Figura 23. Fluxograma completo do modelo de validação do CAR



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Espera-se que com o modelo proposto, não apenas corrige inconsistências, mas transforma o CAR em uma ferramenta efetiva de gestão territorial integrada, alinhando-se à proposta de um Cadastro Territorial Multifinalitário Rural (CTM). Sua implementação pode identificar e corrigir inconsistências do CAR, o que pode possibilitar benefícios nas áreas tributárias, ambientais e fundiárias.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação investiga as inconsistências no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e seus impactos nas políticas ambiental e fiscal, utilizando como estudo de caso oito municípios da região do MATOPIBA piauiense. A pesquisa combina análise espacial de bases de dados oficiais, geoprocessamento e métodos estatísticos para diagnosticar problemas, quantificar impactos e propor soluções. O trabalho não apenas diagnostica a fragilidade do sistema cadastral fundiário brasileiro, mas também oferece um modelo teórico-metodológico para que o CAR cumpra seu papel de instrumento eficaz tanto para a gestão ambiental quanto para a justiça fiscal no território brasileiro.

5.1 OBJETIVOS ALCANÇADOS

O objetivo geral desta pesquisa “analisar as inconsistências espaciais e declaratórias do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e avaliar seus impactos na arrecadação tributária e na gestão. Os resultados obtidos demonstram que tal objetivo foi plenamente alcançado.

O trabalho identificou, caracterizou e fez uma quantificação das principais inconsistências espaciais e declaratórias presentes no CAR, como sobreposições geométricas, divergências entre bases cadastrais e inconsistências entre áreas ambientais declaradas e o uso efetivo da terra. Cerca de 18% das áreas utilizadas na produção agrícola foram declaradas como ambientais e apenas 9,4% dos imóveis cadastrados no SIGEF mantêm geometria consistente com o CAR, o que mostra a baixíssima correspondência. Padrão espacial revelou concentração de inconsistências em áreas de expansão agrícola recente e regiões com histórico de conflitos fundiários. Tudo isso mostra a fragilidade estrutural do sistema autodeclaratório e o impacto na administração ambiental.

Foi desenvolvida uma estimativa espacialmente referenciada, do *tax gap* do ITR decorrente de inconsistências do CAR, que evidenciou perdas potenciais na arrecadação tributária. Identificou-se que grandes propriedades concentram a maior parte da evasão.

Com base nas inconsistências identificadas, desenvolveu-se um modelo teórico de validação para o CAR, estruturado em quatro níveis hierárquicos,

fundamentado em aspectos técnicos, legais e geotecnologias, sensoriamento remoto, análise espacial e integração de bases cadastrais. O objetivo do modelo é garantir confiabilidade, consistência e conformidade legal dos registros do Cadastro Ambiental Rural.

5.2 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS DA PESQUISA

Os resultados mostraram que as inconsistências no CAR não são eventos pontuais, operacionais ou localizados, mas sim estruturais e sistêmicos, com graves repercussões fiscais e ambientais. A natureza autodeclaratória do CAR e a falta de validação dos dados tempestivamente comprometem a sua confiabilidade como instrumento de governança fiscal e ambiental. A ausência de integração com o SIGEF e o CNIR e a divergência entre as geometrias do CAR e do SIGEF impedem a verificação cruzada de informações e favorece a multiplicidade de registros sobre o mesmo imóvel, o que demonstra a fragilidade da governança territorial vigente.

Verificou-se que 57% dos imóveis cadastrados no CAR (2,23 milhões de hectares) apresentam sobreposições espaciais, evidenciando fragilidade estrutural do sistema autodeclaratório, sem mecanismo robusto de validação espacial prévia. Os resultados obtidos alinham-se com achados de pesquisas em outras regiões do Brasil, porém com magnitudes distintas. Enquanto Matias *et al.* (2024) identificaram 13,5% de sobreposições em São José dos Campos/SP, na região do MATOPIBA piauiense este índice alcança 32%, refletindo as particularidades desta fronteira agrícola.

Foram identificadas inconsistências relevantes entre áreas declaradas como reserva legal, vegetação nativa ou APP e o uso da terra detectado pelo Projeto TerraClass. Verificou-se uma superestimativa de 13,8% nas áreas ambientais declaradas. Isso enfraquece o CAR como instrumento de controle ambiental e, também, afeta a apuração do ITR, dado a exclusão dessas áreas da base tributável

A estimativa potencial do *Tax Gap* do ITR, calculada mediante substituição de áreas isentas declaradas por áreas validadas via sensoriamento remoto, aplicando Valor da Terra Nua médio municipal (SIPT/RFB) e alíquota conservadora de 5%, foi de R\$ 69,1 milhões anuais nos oito municípios da área de estudo.

Adicionalmente, o elevado índice de concentração fundiária identificado (índice de Gini 0,879) evidencia urgência de políticas distributivas mais efetivas, e,

assim, um cadastro territorial integrado pode oferecer subsídios para uma identificação mais precisa de terras improdutivas e possibilitar um monitoramento efetivo das políticas de distribuição de terras e planejamento mais eficiente da reforma agrária, que pode proporcionar a redução dos conflitos fundiários.

5.3 RECOMENDAÇÕES

As inconsistências do CAR prejudicam políticas ambiental e fiscal, com sobreposições e subnotificação significativas que geram lacunas de conservação e evasão tributária. A adoção de geotecnologias, interoperabilidade e validação automatizada constitui o caminho para consolidar um cadastro territorial robusto, transparente e multifinalitário.

A fragmentação dos sistemas cadastrais brasileiros na conjuntura atual não apenas gera ineficiências administrativas, mas cria oportunidades para manipulação de informações, fraudes, grilagem de terras e evasão fiscal. A integração dos sistemas cadastrais, apoiada por geotecnologias, parece ser uma solução eficaz para superar as limitações presentes e pode oferecer uma melhor eficiência administrativa e subsidiar o Estado na implementação de políticas distributivas, ambientais e fiscais mais efetivas.

A experiência da região do MATOPIBA piauiense ilustra desafios presentes em todo o território nacional, visto que as inconsistências cadastrais não constituem problema localizado, mas questão estrutural que demanda atenção prioritária dos gestores públicos e investimentos na modernização do sistema cadastral brasileiro com o objetivo de gerar ganho nas áreas ambiental, social, econômica e administrativa.

Recentemente, foi firmado um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a RFB, o INCRA e o Ministério da Gestão e Inovação (MGI), que gerencia o CAR, com o objetivo de harmonizar e integrar as bases de dados do CAR, SNCR/CNIR/SIGEF e o CAFIR. Contudo, ainda não haverá uma plataforma única integrando CAR, SNCR e DITR, com identificadores únicos para propriedades, que seria um primeiro passo para a efetivação de um Cadastro Territorial Multifinalitário no Brasil, com a utilização, repita-se, de geotecnologias para aprimorar os sistemas autodeclaratórios, pois abre a possibilidade de se identificar inconsistências em tempo real, reduz os custos de

fiscalização, bem como pode aumentar a confiança e precisão das informações cadastrais.

Os impactos identificados na arrecadação tributária, gestão ambiental e distribuição de terras reforçam a necessidade de modernização urgente do sistema cadastral brasileiro. Recomenda-se, portanto, além do modelo de validação do CAR aqui proposto, a urgente implementação do padrão LADM/ISO 19152 como referência nacional para o cadastro territorial. Também, é de grande importância o fortalecimento do SINTER como plataforma integradora e o CIB como identificação imobiliária unívoca, bem como a capacitação técnica de todos os atores envolvidos na gestão territorial, para transformar o sistema cadastral em um instrumento confiável de governança territorial, ambiental e fiscal sustentável.

5.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse estudo apresenta limitações relacionadas à disponibilidade, atualização e qualidade dos dados cadastrais oficiais, bem como a área amostral restrita a apenas oito municípios piauienses, o que limita generalizações dos resultados para outras regiões do país devido a características socioeconômicas e culturais bem diversificadas. Dados autodeclarados, que podem conter erros não quantificáveis integralmente, e a baixa vinculação das DITR ao CAR (8,8 %) limitam ainda mais a qualidade dos dados pesquisados.

Dessa forma, recomenda-se a expansão da análise para outras regiões do país, com estudos que incorporem séries temporais longas na análise dos cadastros e da evolução das inconsistências, com o uso de novas tecnologias e metodologias, como *deep learning* e inteligência artificial para análises automáticas a avaliação dos impactos das validações.

A relevância deste estudo é acentuada pelo novo contexto legislativo imposto pela Lei nº 14.932/2024, que solidificou o CAR como o instrumento central para a concessão de isenção do ITR, substituindo o Ato Declaratório Ambiental (ADA). A transferência de responsabilidade fiscal para um cadastro de natureza autodeclaratória, sem um mecanismo robusto de validação expõe o Estado ao risco de evasão fiscal e à ineficácia das políticas de conservação.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Cadastro Ambiental Rural pode consolidar-se como instrumento estruturante de governança territorial integrada ou pode se perpetuar como base declaratória fragmentada, geradora de distorções ambientais e fiscais.

A pesquisa demonstrou que as inconsistências identificadas não decorrem apenas de falhas individuais de declaração, mas da ausência de integração sistêmica entre cadastros fundiários, ambientais e fiscais. A coexistência de múltiplas bases não interoperáveis compromete a eficiência arrecadatória, fragiliza a política ambiental e dificulta a construção de segurança jurídica plena no meio rural.

A crescente preocupação da comunidade internacional com o desmatamento e as mudanças climáticas, bem como a pressão de mercados consumidores por produtos sustentáveis criam condições favoráveis para reformas.

Municípios, que recebem 50% ou 100% do ITR (quando conveniados), têm forte incentivo para apoiar validação que aumentaria arrecadação. Agricultores familiares, prejudicados pela competição desleal com grandes sonegadores, são aliados potenciais. Ambientalistas encontram na validação do CAR instrumento concreto para monitoramento do Código Florestal.

Iniciativas, como o recente Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre RFB, INCRA e MGI (BRASIL, 2025) são promissoras, mas ainda insuficientes sem uma plataforma unificada, reforçada com Geotecnologias.

Do ponto de vista fiscal, a substituição do ADA pelo CAR, sem validação técnica, amplia o risco de erosão da base tributária. Isso evidencia a necessidade de incluir mecanismos automáticos de validação geométrica e declaratória no sistema, além de auditorias periódicas via sensoriamento remoto.

A fragmentação cadastral atual é resultado de escolhas políticas que favorecem interesses estabelecidos. Grandes proprietários beneficiam-se da falta de transparência, da ausência de fiscalização e da possibilidade de manipular declarações sem consequências.

Superar a fragmentação cadastral identificada neste estudo representa um passo decisivo para a construção de um modelo territorial mais transparente, eficiente e socialmente equilibrado, compatível com os desafios contemporâneos da gestão de terras no Brasil.

A consolidação de um Cadastro Territorial Multifinalitário Rural integrado não constitui apenas uma modernização tecnológica, mas o caminho para consolidar um cadastro territorial robusto, transparente e multifinalitário. A interoperabilidade entre cadastros — conforme o modelo LADM (ISO 19152) — permitiria estruturar um sistema de dados único, com identificação territorial padronizada e múltiplos usos (ambiental, fiscal, fundiário).

REFERÊNCIAS

- APPY, B. **O Imposto Territorial Rural como forma de induzir boas práticas ambientais**. 2015. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/o-imposto-territorial-rural-como-forma-de-induzir-boas-praticas-ambientais/>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- ANTUNES, T. G. **O Imposto Territorial Rural (ITR) como Ferramenta da Gestão Tributária**. Revista Tecnologia e Ambiente, v. 24. Criciúma, SC. 2018.
- AZEVEDO, A. A.; RAJÃO, R.; COSTA, M. A.; STABILE, M. C. C.; MACEDO, M. N.; REIS, T. N. P.; ALENCAR, A.; SOARES-FILHO, B. S.; PACHECO, R. **Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation**. PNAS, v. 114, n. 29, p. 7653-7658, 2017.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1.
- _____. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.
- _____. **Lei nº 5.868, de 12 de dezembro de 1972**. Cria o Sistema Nacional de Rodovias e Caminhos - SNRC, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 dez. 1972. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5868.htm. Acesso em: 12 jan. 2025.
- _____. **Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996**. Dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 1996.
- _____. **Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001**. Altera dispositivos da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 ago. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10267.htm. Acesso em: 12 jan. 2025.
- _____. **Lei nº 14.932, de 10 de janeiro de 2024**. Altera a Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, para revogar a obrigatoriedade de apresentação do Ato Declaratório Ambiental (ADA) para fins de apuração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 139, p. 1, 24 jul. 2024.
- _____. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Cria o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 out. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7830.htm. Acesso em: 13 jan. 2025.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. **Portaria no 244, de 12 de novembro de 2015**. 2015. Disponível em:

<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/11/2015&jornal=1&pagina=8&totalArquivos=336>. Acesso em: 23 jan. 2025.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. **Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2025.

CAR. **Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/>. Acesso em: 05 fev. 2025.

CARNEIRO, A. F. T. et al. **Desafios para a implementação de um cadastro multifinalitário rural no Brasil**. In: MOLINA, M. G.; LÓPEZ, F. J.; BALBOA, J. L. G.; CASTRO, E. M. (org.). Congreso Internacional sobre Catastro Unificado Multipropósito. Jaén: Universidad de Jaén, p. 481-490, 2010.

CARNEIRO, A. F. T.; ERBA, D. A.; AUGUSTO, E. A. A. **Cadastro multifinalitário 3D: conceitos e perspectivas de implantação no Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64, n. 2, p. 257-271, 2012.

CASTRO, G. Á.; CAMARILLO, D. B. R. **Determinants of tax revenue in OECD countries over the period 2001-2011**. Contaduría y Administración, v. 59, n. 3, p. 35-59, 2014. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71265-3](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71265-3)

DE CESARE, C. M. **Condições Básicas para Garantir a Funcionalidade da Tributação Recorrente ao Patrimônio Imobiliário Urbano e Rural**. In: Eduardo Fagnani. (Org.). A Reforma Tributária Necessária; Diagnóstico e Premissas. 1aed. Brasília e São Paulo: ANFIP, FENAFISCO, Plataforma de Política Social, v. , p. 369-393, 2018.

FENDRICH, A. N. et al. **Taxation aiming environmental protection: The case of Brazilian Rural Land Tax**. Land Use Policy, v. 119, n. 1, p. 106-118, 2022.

GOOGLE. **Google Earth Engine: a planetary-scale platform for Earth science data & analysis**. [S.l.], [2024]. Disponível em: <https://earthengine.google.com/>. Acesso em: 01 mar. 2025.

HOFFMANN, G. P.; BORELLI, R. M.; SCHMIDT NANNI, A. **O uso de geotecnologias livres: QGIS e Epicollect no levantamento de dados em geociências**. GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, n. 22, p. 39-55, 2018.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017: Resultados - Estabelecimentos**. 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html. Acesso em: 05 fev. 2025.

LASKOS, A. A.; CAZELLA, A. A.; REBOLLAR, P. B. M. **O Sistema Nacional de Cadastro Rural: história, limitações atuais e perspectivas para a conservação ambiental e segurança fundiária**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 36, p. 189-199, 2016.

LAUDARES, S. S. A.; SILVA, K. G.; BORGES, L. A. C. **Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 31, p. 111-122, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/DMA.V31I0.33743>. Acesso em: 02 mar. 2025.

LEITE, A. Z. **Análise da Concentração Fundiária no Brasil: Desafios E Limites Do Uso Do Índice De Gini/Land concentration analysis in Brazil: challenges and limits of the Gini index.** REVISTA NERA, [S. l.], n. 43, p. 10–28, 2018. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/5559>. Acesso em: 09 jul. 2025.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro Técnico Multifinalitário: rural e urbano.** Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

KORTING, M. S. **O Cadastro Ambiental Rural e seus efeitos: Política pública de regularização ambiental no território.** In: CONFERENCE OF BRICS INITIATIVE OF CRITICAL AGRARIAN STUDIES, 6., 2018, Brasília. Anais [...]. Brasília: UnB. p. 1-15, 2018.

MASTELLA, A. F. M.; VIEIRA, C. A. O. **Acurácia temática para classificação de imagens utilizando abordagens por pixel e por objetos.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 70, Edição Especial “XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia”, p. 1618-1643, 2018.

MATIAS, M. R.; MILARE, G.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. **As Geometrias do Cadastro Ambiental Rural (CAR): Uma Proposta Metodológica para Análise e Remoção da Sobreposição de Imóveis Rurais Declarados na Base de Dados do CAR.** Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 76, 2024. DOI: 10.14393/rbcv76n0a-66995. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/rbcv76n0a-66995>. Acesso em: 25 fev. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 2, de 06 de maio de 2014.** Dispõe sobre os procedimentos para a integração, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural - CAR. Disponível em http://www.car.gov.br/leis/IN_CAR.pdf. Acesso em 15.01.2025.

OECD. **OECD Data Explorer.** Disponível em: <https://data-explorer.oecd.org/vis?df>. Acesso em 15 dez. 2025.

OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, F. H.; RIBAS, R. P. **O Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a verificação de integração com o cadastro do INCRA.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 13., 2017, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC. p. 1-10, 2017.

OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, F. H. **Verificação da Integração entre e Cadastro Ambiental Rural (CAR) E O Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) sob a Ótica do Cadastro Territorial Multifinalitário.** Geosul, v. 34, n. 70, p. 339–357, 2019.

PANCHINIÁK, T. **Discussão sobre modelos conceituais relacionados ao cadastro territorial: estudo de caso de Joinville.** Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/189319?show=full>>. Acesso em: 13 mar. 2025.

PORRAS, I.; GOODRICH, R. **Accounting reveals that Costa Rica's forest wealth is greater than expected**. Disponível em:

<<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/05/31/accounting-reveals-that-costa-ricas-forest-wealth-is-greater-than-expected>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PUGA, B. P. Universidade Estadual Paulista. **Pagamento Por Serviços Ecosistêmicos: Possibilidades para a Amazônia Brasileira**. 2019. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/0ec7d4ae-7988-4d97-851a-292fb2757483/content>. Acesso: 10 out. 2025.

RFB - RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Estatísticas tributárias: arrecadação do ITR 2015-2024**. Brasília: RFB, 2025. Disponível em:

<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/receitadata>. Acesso em: 10 mar. 2025.

RFB - RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Instrução Normativa SRF nº 256, de 11 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre a Declaração do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (DITR). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 dez. 2002.

RIBEIRO, A., *et al.* Devastação do Cerrado e Apropriação Ilegal de Chapada e “Baixões” do Rio Uruçuí Preto: O Caso do Território Tradicional de Melancias. In: AGUIAR, D; BONFIM, J.; CORREIA, M. (Org.). **Na Fronteira da (I)Legalidade: Desmatamento e Grilagem no Matopiba**. Salvador, BA. 2025. Disponível em: <<https://www.matopibagrilagem.org/about-6>>. Acesso em: 19 jan. 2026.

RUDORFF, B.; RISSO, J. **Dinâmica da expansão da soja de 2014 a 2023 e disponibilidade de áreas com aptidão agrícola no bioma Cerrado: Mapeamento de soja, safra 2022/23**. Florianópolis, SC: Serasa S.a., 2024.

ROCHA, I. A.; CONDURÚ, M. T.; FLORES, M. S. A.; ROCHA, G. M. **O princípio da informação no cadastro ambiental rural e o planejamento de políticas públicas**. P2P e Inovação, v. 7, n. 1, p. 101-117, 2021. DOI: 10.21721/p2p.2021v7n1.p101-117. Acesso em: 25 fev. 2025.

SILVA, E. DA; *et al.* **Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à Gestão Municipal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/253967>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SILVA, G. A.; LANDAU, E. C. **Cadastro Ambiental e Indicadores Cadastrais Rurais**. In: EMBRAPA MILHO E SORGO. Dinâmica da Produção Agrícola e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas. Sete Lagoas: Embrapa. cap. 54, p. 1969-2020, 2020.

SPAROVEK, G.; *et. al.* **Sustainable bioproducts in Brazil: disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection**. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 10, n. 3, p. 204-221, 2015.

THEISGES, A. C. **Análise e estruturação de dados para implementação do Código Florestal Brasileiro: contribuições para avaliação de conformidade da**

reserva legal. 2023. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251758?show=full>>. Acesso em: 11 mar. 2025.

TOLEDO, B. H. C.; BERTOTTI, L. G. **Brief history of certification of rural properties in Brazil and presentation of Landed Property Management System - SIGEF.** *Ambiência*, Guarapuava, v. 10, n. 3, p. 839-847, 2014.

ULIANA, S. **Área de preservação permanente e urbanização consolidada: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Passa Vinte, município de Palhoça/SC.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

VALENTE, F. C; VIEIRA, C. A. O. **Inconsistências declaratórias e espaciais entre bases de dados cadastrais oficiais brasileiras e seus impactos na tributação rural e gestão ambiental.** FIG Joint Land Administration Conference, 30 out. 2025.

WILLIAMSON, I.; ENEMARK, S.; WALLACE, J.; RAJABIFARD, A. **Land Administration for Sustainable Development.** Redlands: ESRI Press Academic, 2010.