



Pedro Iglesias Bessa Seibel

**Reduzindo as ameaças às florestas do estado
do Acre: uma proposta de monitoramento ao
Programa de Regularização Ambiental (PRA) do
Cadastro Ambiental Rural (CAR)**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia, do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Rafael da Silva Nunes

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2024



Pedro Iglesias Bessa Seibel

Reduzindo as ameaças às florestas do estado do Acre: uma proposta de monitoramento ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) do Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia, do Departamento de Geografia e Meio Ambiente da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

Prof. Rafael da Silva Nunes

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Sérgio Cadena de Vasconcelos

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

Prof. Rogério Ribeiro de Oliveira

Instituto Internacional para Sustentabilidade – ISS

Prof. Rodrigo Wagner Paixão

Departamento de Geografia Física – UERJ

Prof. Carlos Eduardo das Neves

Departamento de Geografia Física – UERJ

Rio de Janeiro, 01 de fevereiro de 2024.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Pedro Iglesias Bessa Seibel

Graduou-se em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro no ano de 2010, tendo realizado pós-graduação em Business Intelligence na mesma Universidade no ano de 2022. Tornou-se Mestre (MSc.) em Gestão do Território e Regularização Fundiária pela Technische Universität München (Alemanha), no ano de 2015. Pesquisador e analista técnico com experiência nas áreas de Geociências, Sistema de Informação Geográfica e Business Intelligence. Atuou em consultorias junto a ministérios (Ministério do Desenvolvimento Agrário e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), secretarias de meio ambiente (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Acre e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental) e organizações internacionais (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura e Banco Interamericano de Desenvolvimento), desenvolvendo análises espaciais e sistemas que apoiem a gestão, regularização e monitoramento territorial.

Ficha Catalográfica

Seibel, Pedro Iglesias Bessa

Reduzindo as ameaças às florestas do estado do Acre : uma proposta de monitoramento ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) do Cadastro Ambiental Rural (CAR) / Pedro Iglesias Bessa Seibel ; orientador: Rafael da Silva Nunes. – 2024.

224 f. : il. color. ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2024.

Inclui bibliografia

1. Geografia e Meio Ambiente – Teses. 2. Desmatamentos. 3. Focos de queimadas. 4. Alertas de degradação ambiental. 5. Embargos ambientais. 6. Monitoramento ambiental. I. Nunes, Rafael da Silva. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

CDD: 910

Agradecimentos

Agradeço especialmente ao querido Prof. Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego, por ser o meu maior mestre e referência em minha carreira acadêmica e profissional. O entusiasmo e paixão em sala de aula, as conversas e cafés nos intervalos de afazeres, as confraternizações entre professores e alunos, as reuniões para ajuste de trabalhos, a atenção, o afeto, a confiança, as oportunidades de trabalho (como o PIMAR), entre outros, foram fundamentais no meu caminho. Seguindo o seu exemplo que resolvi trabalhar com SIG, fazer pós-graduação na Alemanha e trabalhar na área ambiental. Suas contribuições na minha vida são inestimáveis e os meus agradecimentos pelas lições ensinadas são para sempre. Sua orientação em minha graduação e nos dois primeiros anos do doutorado são experiências que ficarão guardadas eternamente. Ao meu estimado professor, em memória. Tais agradecimentos se estendem aos familiares e amigos queridos, principalmente Juliana da Silva, Maria Guanaes e Daise Mendonça.

Ao amigo, mestre e orientador Prof. Dr. Rafael da Silva Nunes que também foi aluno do Prof. Dr. Luiz Felipe Guanaes Rego e aceitou o desafio de me orientar nos últimos 2 anos do doutorado de forma atenciosa e prestativa.

Aos meus pais, Luiz Fernando Bessa Seibel e Fernanda Chagas Iglesias Ribeiro, que são os meus maiores amigos, incentivadores e referências profissionais e acadêmicas. Sem dúvida são os maiores responsáveis por toda realização que consigo atingir na minha vida. Não existem palavras que possam exprimir todo o carinho, amor, respeito e admiração que tenho por vocês.

Aos familiares Ada Bessa (avó), Ricardo Iglesias, Rodrigo Iglesias Seibel em memória, Luiz Felipe Seibel e Lucas Seibel (irmãos), Felipe Buttner, Héline Silva, Bruno Silva e Pedro Pinto (irmãos de coração), aos meus afilhados Murilo Iglesias e Ravi Buttner, aos meus primos, aos meus tios e em memória dos familiares que partiram (em especial Margareth Seibel), por todo o suporte durante a minha vida.

A minha companheira de vida, lar, viagem, amor e afeto Isabella Motta Lessa, que esteve presente incentivando e apoiando durante todo período do doutorado.

Aos meus amigos, sócios e integrantes de banda pelas risadas e momentos de descontração ao longo da minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Seibel, Pedro Iglesias Bessa; Nunes, Rafael da Silva (orientador). **Reduzindo as ameaças às florestas do Estado do Acre: uma proposta de monitoramento ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) do Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. Rio de Janeiro, 2024. 224p. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A conservação de florestas propicia, através de seus serviços ecológicos, uma série de benefícios ao ambiente. As melhorias no ambiente incluem a manutenção da biodiversidade, a conservação dos recursos hídricos e a redução de carbono na atmosfera. Apesar dos benefícios mencionados, as áreas de floresta são submetidas à incêndios florestais, desmatamentos e outras degradações que desconsideram sua importância para o equilíbrio geoecológico e produtivo. Com objetivo de conservar o ambiente e promover o desenvolvimento sustentável, países estão implementando modernos sistemas de administração territorial, que visam realizar a regularização do território, em seus diversos aspectos (fundiário, ambiental, fiscal, entre outros). Como exemplo, cita-se o programa Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), sistema de administração de terras que tem o objetivo de implementar as restrições ao uso do solo, nos imóveis rurais brasileiros. Assim, o estudo busca analisar em que medida o PRA, do CAR, está contribuindo para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais brasileiros. Para desenvolver o estudo, foi utilizado como recorte espacial o estado do Acre, no Brasil. Para tal, são realizadas análises espaciais e estatísticas visando avaliar a tendência e cenário futuro das variáveis supracitadas. Os resultados obtidos indicam que a adesão ao PRA contribui para a redução dos desmatamentos, focos de queimada e alertas de degradação ambiental. Nos embargos ambientais, foi identificada tendência similar em imóveis com e sem adesão ao PRA e análise preditiva maior, em imóveis que aderiram ao PRA. Também são realizadas entrevistas semiestruturadas abordando os impactos do PRA e do CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais brasileiros e desafios e oportunidades para a regularização ambiental no Brasil. Por último, o estudo propõe um sistema de monitoramento que analisa as contribuições do PRA do CAR na redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais do Acre.

O sistema proposto promove a interoperabilidade dos dados espaciais do CAR, com as bases de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Palavras-chave

Desmatamentos; Focos de Queimadas; Alertas de Degradação Ambiental; Embargos Ambientais; Monitoramento ambiental.

Abstract

Seibel, Pedro Iglesias Bessa; Nunes, Rafael da Silva (Advisor). **Reducing threats to the forests of the State of Acre: a monitoring proposal for the Environmental Regularization Program (PRA) of the Rural Environmental Cadaster (CAR)**. Rio de Janeiro, 2024. 224p. Tese de Doutorado – Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The conservation of forests provides a range of benefits to the environment through its ecological services. Environmental improvements include the maintenance of biodiversity, the conservation of water resources, and the reduction of carbon in the atmosphere. Despite the mentioned benefits, forest areas are subjected to wildfires, deforestation, and other degradations that disregard their importance for the geocological and productive balance. With the aim of conserving the environment and promoting sustainable development, countries are implementing modern land administration systems, which aim to regularize the territory in its various aspects (tenure, environmental, fiscal, among others). As an example, the Rural Environmental Cadaster (CAR) program and the Environmental Regularization Program (PRA), a land administration system which aims to implement the restrictions on land use in Brazilian rural properties, are cited. Thus, the study seeks to analyze the extent to which the PRA, from the CAR, is contributing to the reduction of deforestation, fire outbreaks, alerts of degradation, and federal environmental embargoes on Brazilian rural properties. To develop the research, the state of Acre, in Brazil, was used as a case study. For this purpose, spatial and statistical analyses are carried out to evaluate the trend and future scenario of the aforementioned variables. The results obtained indicate that adherence to the PRA contributes to the reduction of deforestation, fire outbreaks, and alerts of environmental degradation. In environmental embargoes, a similar trend was observed in properties with and without adherence to the PRA, and a greater predictive analysis in properties that adhered to the PRA. Semi-structured interviews are also conducted to address the impacts of the PRA and CAR on the environmental and socioeconomic conditions of Brazilian rural properties and the challenges and opportunities for environmental regularization in Brazil. Lastly, the study proposes a monitoring system that analyzes the contributions of the PRA and CAR in reducing deforestation, fire outbreaks, environmental degradation alerts,

and environmental embargoes on rural properties in Acre. The proposed system promotes the interoperability of the CAR's spatial data with the databases of the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) and the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Keywords

Deforestation; Fire outbreaks; environmental degradation alerts, federal environmental embargoes, environmental monitoring.

Sumário

1. Introdução	20
2. Pressupostos teórico-metodológicos e conceituais da pesquisa.....	27
2.1. A perda de cobertura florestal e os impactos no ambiente	27
2.1.1. A perda de cobertura florestal e os impactos na biodiversidade	29
2.1.2. A perda de cobertura florestal e os impactos no ciclo da água e recursos hídricos	32
2.1.3. A perda de cobertura florestal e a emissão de carbono (CO ₂), na atmosfera.....	35
2.2. A importância da gestão territorial e de sistemas de administração de terras para a implementação da regularização do território e do uso sustentável do solo.....	37
2.2.1 A política territorial como conceito-chave na gestão do território	40
2.2.2. Os sistemas de administração de terras e o uso sustentável do solo.....	42
2.2.3. Os sistemas cadastrais e a regularização do território.....	46
2.2.4. A infraestrutura de dados espaciais (IDE) e a interoperabilidade de informações geográficas	48
2.2.5. Os sistemas de informação geográfica (SIG) e o monitoramento ambiental	50
2.3. A política de regularização ambiental de imóveis rurais brasileiros à luz da Geografia.....	52
2.3.1. A importância da dimensão espacial na regularização ambiental.....	53
2.4. O programa Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a implementação da regularização ambiental nos imóveis rurais brasileiros	55
2.4.1. A política ambiental brasileira e o programa Cadastro Ambiental Rural (CAR)	57
2.4.2. O quadro institucional responsável pela administração da terra, no programa CAR	60
2.4.3. O Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)	61
2.4.4. O Programa de Regularização Ambiental (PRA) de imóveis rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural	65
2.4.5. Fluxo do Cadastro Ambiental Rural para realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros	68
2.5. A implementação da política ambiental e do programa CAR, no estado do Acre.....	69
2.5.1. O pioneirismo do Estado do Acre nos movimentos sociais pela conservação ambiental	70
2.5.2. O avanço do arco do desmatamento e os impactos no estado do Acre	72
2.5.3. Situação atual do Cadastro Ambiental Rural no estado do Acre	75

3. Procedimentos Metodológicos	78
3.1. Estratégia da pesquisa.....	78
3.2. Unidade de análise	79
3.3. Instrumentos utilizados	81
3.4. Coleta de dados.....	83
3.4.1. Dados secundários utilizados na pesquisa	83
3.4.2. Dados primários utilizados na pesquisa.....	92
3.5. Análise dos dados.....	93
3.5.1. Análise espacial	94
3.5.2. Análise estatística	99
3.5.3. Análise das entrevistas semiestruturadas.....	104
4. O Programa de Regularização Ambiental do Cadastro Ambiental Rural: contribuições para a mitigação de problemas ambientais e embargos ambientais federais nos imóveis rurais brasileiros	105
4.1. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução dos desmatamentos nos imóveis rurais do Acre	105
4.1.1. Análise das taxas de desmatamento em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado.....	106
4.1.2. Análise das taxas de desmatamento em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal.....	111
4.1.3. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem TCA assinado, de propriedades entre 1 e 4 módulos fiscais.....	115
4.1.4. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais.....	119
4.1.5. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, de propriedades maiores que 15 módulos fiscais	123
4.1.6. Análise das contribuições do PRA para a redução das taxas de desmatamento nos imóveis rurais do Acre	127
4.2. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução dos focos de queimada nos imóveis rurais do Acre	132
4.2.1. Análise dos focos de queimadas, em imóveis rurais do CAR, com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado.....	133
4.2.2. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal.....	136
4.2.3. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 1 e 4 módulos fiscais	140
4.2.4. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais	144

4.2.5. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado de propriedades maiores que 15 módulos fiscais	148
4.2.6. Análise das contribuições do PRA para a redução dos focos de queimadas nos imóveis rurais do Acre	152
4.3. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução de alertas de degradação nos imóveis rurais do Acre	156
4.3.1. Análise dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso (TCA) Ambiental assinado	157
4.3.2. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal.....	161
4.3.3. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado de propriedades entre 1 a 4 módulos fiscais.....	165
4.3.4. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais.....	169
4.3.5. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades maiores que 15 módulos fiscais	173
4.3.6. Análise das contribuições do PRA para a redução dos alertas de degradação nos imóveis rurais do Acre.....	177
4.4. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições na redução de embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre	182
4.4.1. Análise dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado.....	183
4.4.2. Análise das contribuições do PRA para a redução dos embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre	187
4.5. Síntese das análises quantitativas do Programa de Regularização Ambiental (PRA) e suas contribuições nos imóveis rurais do Acre	189
4.6. Análise dos impactos do PRA e CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais e os desafios e oportunidades para implementar a regularização ambiental no Brasil	192
4.7. Proposição de sistema de monitoramento do PRA e do CAR para tratar das variáveis analisadas nos imóveis rurais do Acre	199
5. Considerações finais	211
6. Referências bibliográficas	214
Anexo I	223
Anexo II	224

Lista de figuras

Figura 1 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira, por UF (km ² /year).	20
Figura 2 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira (km ² /year)..	22
Figura 3 – Análise do problema da pesquisa	25
Figura 4 – Percentual de área de floresta em relação ao total de área analisada, por país.	27
Figura 5 – Número de espécies de árvores nativas, em florestas, por país.	30
Figura 6 – Importância da vegetação para a produção de água.	33
Figura 7 – Paradigma da Gestão Territorial.	39
Figura 8 – Tríade da Gestão Territorial	41
Figura 9 – Perspectiva global dos modernos sistemas de administração territorial.	44
Figura 10 – Paradigma da administração territorial.	45
Figura 11 – Sistemas cadastrais facilitam a administração da Posse da Terra, Valor da Terra e Uso da Terra.	48
Figura 12 – Esquema do ambiente, como sistema, organizado e sistematizado em SIG.	52
Figura 13 – Exemplo de uma Propriedade “Legal”, segundo o Código Florestal de 2012.	54
Figura 14 – Principais fatores que influenciam o desempenho do programa Cadastro Ambiental Rural.	56
Figura 15 – Tela inicial do módulo de cadastro do SICAR.	62
Figura 16 – Tela de registro dos dados geográficos, no SICAR.....	64
Figura 17 – Exemplo de recibo de inscrição do programa Cadastro Ambiental Rural.	65
Figura 18 – Exemplo de termo de compromisso, do Programa de Regularização Ambiental, do Estado do Pará.	67
Figura 19 – Fluxo do programa Cadastro Ambiental Rural e os procedimentos para realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros.	69
Figura 20 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira, por UF (km ² /year), com foco no Estado do Acre.	73
Figura 21 – Taxas de desmatamento no Estado do Acre (km ² /year).	75
Figura 22 – Complementariedade das abordagens.	78
Figura 23 – Exemplo de imóvel rural utilizado como unidade de análise, da pesquisa.....	79

Figura 24 – Imóveis rurais cadastrados no CAR, no Estado do Acre (recorte espacial da pesquisa).	81
Figura 25 – Mapa dos incrementos anuais de desmatamentos do Prodes, no estado do Acre, entre 2008 e 2022.	85
Figura 26 – Mapa dos focos de queimadas do BdQueimadas, no estado do Acre, entre 2013 e 2022.	87
Figura 27 – Mapa dos alertas de degradação ambiental do DETER, no estado do Acre, entre 2016 e 2022.	88
Figura 28 – Mapa dos embargos ambientais federais, do Ibama, no Estado do Acre.	90
Figura 29 – Exemplo da listagem de imóveis rurais cadastrados no CAR que possuem o termo de compromisso ambiental (TCA) assinado no estado do Acre.	91
Figura 30 – Principais etapas, de análise dos dados, realizadas para obter os resultados da pesquisa.	94
Figura 31 – Inserção das informações de incrementos anuais de desmatamentos, no banco de dados da pesquisa, com o uso do plugin DBManager, do QGIS.	95
Figura 32 – Código SQL utilizado para relacionar os dados de incrementos anuais de desmatamento (PRODES) e imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado.	96
Figura 33 – Código SQL utilizado para relacionar os dados de focos de queimadas (BdQueimadas) e imóveis rurais do CAR (com e sem TCA assinado).	97
Figura 34 – Procedimentos utilizados para realizar as análises espaciais da pesquisa.	98
Figura 35 – Mapa com os dados utilizados na pesquisa, antes das análises espaciais.	98
Figura 36 – Mapa com os dados utilizados na pesquisa, após as análises espaciais.	99
Figura 37 – Fórmula utilizada para realizar a regressão linear simples.	101
Figura 38 – Fórmula utilizada para realizar o teste de Mann-Kendall. ...	102
Figura 39 – Média percentual das taxas de desmatamento em imóveis do CAR, no estado do Acre (2008 – 2022).	106
Figura 40 – Média dos focos de queimadas em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2013 – 2022).	132
Figura 41 – Média percentual dos alertas de degradação em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2016 – 2022).	157
Figura 42 – Média percentual dos embargos ambientais federais em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2003 – 2022).	182
Figura 43 – Tela inicial do sistema de monitoramento proposto.	201

Figura 44 – Tela contendo a descrição do sistema de monitoramento proposto.	202
Figura 45 – Tela de análise da tendência dos desmatamentos (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.	203
Figura 46 – Tela de análise preditiva dos desmatamentos (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.	204
Figura 47 – Tela de análise da tendência dos focos de queimadas (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.	205
Figura 48 – Tela de análise preditiva dos focos de queimada (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.	206
Figura 49 – Tela de análise da tendência dos alertas de degradação ambiental (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.	207
Figura 50 – Tela de análise preditiva dos alertas de degradação ambiental (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.	208
Figura 51 – Tela de análise da tendência dos embargos ambientais (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.	209
Figura 52 – Tela de análise preditiva dos embargos ambientais (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.	210

Lista de tabelas

Tabela 1 – Os dez países com maior área florestal, em 2020.	28
Tabela 2 – Os dez países com maiores volumes de estoques de floresta, em crescimento.	36
Tabela 3 – Quantidade de imóveis que assinaram o Termo de Compromisso Ambiental, por ano.	107
Tabela 4 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento, em imóveis rurais, com e sem TCA assinado.	108
Tabela 5 – Análise da tendência e cenário futuro, do desmatamento, em imóveis rurais, com e sem TCA assinado.	109
Tabela 6 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.	110
Tabela 7 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado.	112
Tabela 8 – Análise da tendência e cenário futuro, do desmatamento, em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal, com e sem TCA assinado.	113
Tabela 9 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.	114
Tabela 10 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.	116
Tabela 11 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.	117
Tabela 12 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.	118
Tabela 13 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.	120
Tabela 14 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.	121
Tabela 15 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.	122
Tabela 16 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.	124

Tabela 17 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.	125
Tabela 18 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.	126
Tabela 19 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas, em imóveis do CAR, com e sem TCA assinado.	133
Tabela 20 – Análise da tendência e cenário futuro, dos focos de queimadas, em imóveis rurais com e sem o TCA assinado	134
Tabela 21 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.	135
Tabela 22 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.	137
Tabela 23 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais, menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.	138
Tabela 24 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR menores que 1 MF com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.	139
Tabela 25 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	141
Tabela 26 – Análise da tendência e cenário futuro de focos de queimadas em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	142
Tabela 27 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.	143
Tabela 28 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR, entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.	145
Tabela 29 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	146
Tabela 30 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.	147
Tabela 31 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	149

Tabela 32 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.....	150
Tabela 33 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.	151
Tabela 34 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem o TCA assinado.	158
Tabela 35 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais com e sem TCA assinado.	159
Tabela 36 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.....	160
Tabela 37 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.	162
Tabela 38 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.	163
Tabela 39 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.	164
Tabela 40 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	166
Tabela 41 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.....	167
Tabela 42 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.....	168
Tabela 43 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.	170
Tabela 44 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.....	171
Tabela 45 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.	172

Tabela 46 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR, maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.....	174
Tabela 47 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.....	175
Tabela 48 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.....	176
Tabela 49 – Cálculo da média dos percentuais de embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado.	183
Tabela 50 – Análise da tendência e cenário futuro de embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado.	185
Tabela 51 – Análise preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.....	186

Lista de quadros

Quadro 1 – Análise das informações geográficas utilizadas como dado secundário na pesquisa.....	92
Quadro 2 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	128
Quadro 3 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	130
Quadro 4 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre.	153
Quadro 5 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre.	155
Quadro 6 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	178
Quadro 7 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	180
Quadro 8 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	188
Quadro 9 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.	188
Quadro 10 – Síntese das análises quantitativas do PRA, do CAR, e suas contribuições para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre.	191

1. Introdução

Desde a década de 90, um dos assuntos mais tratados pelo governo brasileiro, sociedade civil e organizações internacionais, é a redução das áreas florestais nos biomas brasileiros, com destaque ao bioma Amazônico. Segundo Fearnside (2005, 2022), as causas deste problema incluem a exploração madeireira, a instalação de áreas de pasto e de cultivo de grãos e a abertura de estradas. Impactos causados pela redução de áreas florestais incluem a significativa perda de biodiversidade, redução do ciclo da água e emissão de carbono na atmosfera (Ibid.).

De acordo com o INPE (2023), entre 1988 e 2022 (série histórica dos dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite - PRODES), a Amazônia Legal teve 481.843 km² desmatados, o que corresponde a cerca de 9,6% de sua área. Somente no ano de 2022, foram identificados 11.568,00 km² de área desmatada. No Estado do Acre, que foi utilizado como estudo de caso na pesquisa em questão, os impactos causados pelo desmatamento também estão presentes. De 1988 até 2022, foram identificados 17.515,00 km² de área desmatada, que corresponde a 3,64% da área desmatada na Amazônia Legal. No ano de 2021, foram identificados 889,00 km² de área desmatada, o 3º maior índice registrado no Estado do Acre, durante o período analisado (INPE, 2023) (Figura 1).

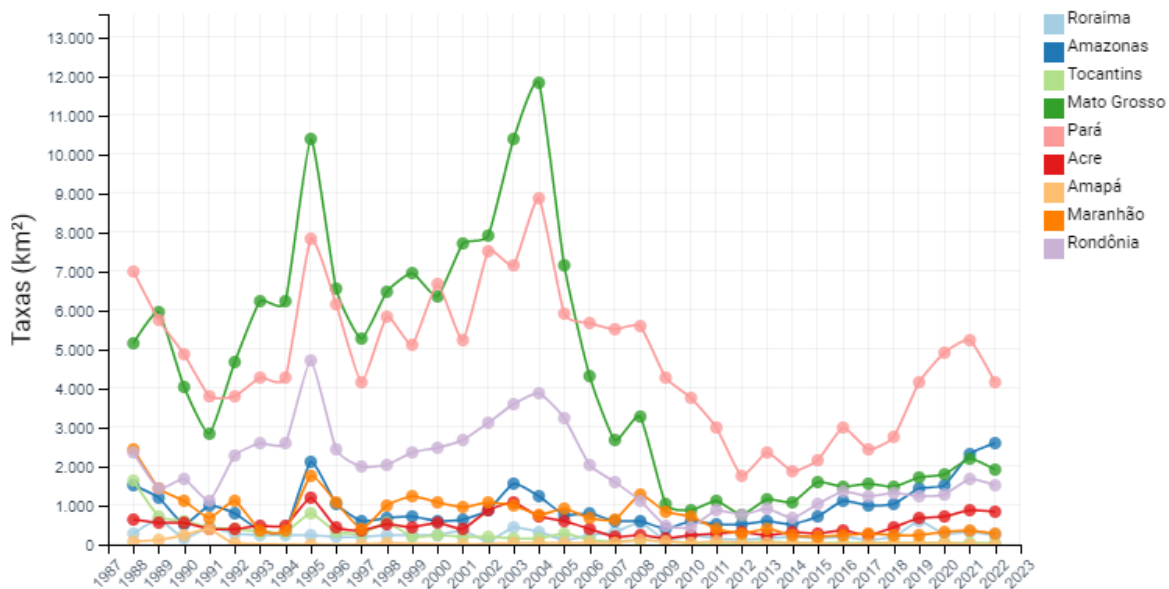


Figura 1 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira, por UF (km²/year).

Fonte: (INPE, 2023)

Neste cenário, os governos federal, estadual e municipal, em compromissos pactuados com a sociedade civil, organizações não governamentais, agências de cooperação técnica e organismos internacionais, têm definido como uma de suas prioridades a necessidade de eliminar o desmatamento ilegal e reduzir as taxas de desmatamento legal (ACRE, 2018). Para tal, uma das principais estratégias usadas pelo governo brasileiro é implementar a eficiente gestão e regularização das áreas florestadas, visando atingir a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, resultando em manutenção da biodiversidade e dos recursos hídricos, bem como a redução das emissões de carbono na atmosfera. No âmbito da política ambiental, o governo brasileiro instituiu a Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), denominada Código Florestal Brasileiro, que estabeleceu as áreas de uso restrito e a implementação do Programa Cadastro Ambiental Rural (CAR), responsável pela regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros e pelo monitoramento das restrições ao uso do solo.

Neste programa a localização, implementação e monitoramento dos direitos e restrições ao uso do solo são baseados nos ingredientes principais de todo sistema de administração territorial, sendo eles os cadastros (dados das parcelas) e sistemas de registro. O CAR, sob este aspecto, é uma importante ferramenta que, através da declaração das informações dos imóveis rurais e suas características ambientais, possibilita o reconhecimento do território rural brasileiro e auxilia no planejamento de políticas ambientais.

A redução das taxas de desmatamento na série histórica do PRODES (1988 a 2022), mencionadas anteriormente, é fruto dos compromissos entre o governo do Brasil, a sociedade civil e os organismos internacionais, na superação deste desafio.

Ainda que esforços tenham sido realizados para combater o desmatamento, o assunto não é uma questão superada. Ao mesmo tempo que são realizados diversos empenhos em políticas públicas direcionadas para ações de comando e controle do desmatamento, os biomas brasileiros estão sujeitos às interferências das dinâmicas sociais, econômicas e políticas, que muitas vezes atuam em movimento contrário às tendências de redução (Cabral, et al., 2024; Seca, Pereira, & Miziara, 2024).

A esse respeito, a variação das taxas de desmatamento, ao longo dos anos, demonstra que fatores econômicos, políticos e sociais, tem grande influência na

dinâmica de retirada da floresta (Figura 2). Períodos de recessão e crescimento econômico, mudanças de governo, estabelecimento de leis ambientais, entre outros, possuem forte impacto nas taxas de desmatamento.

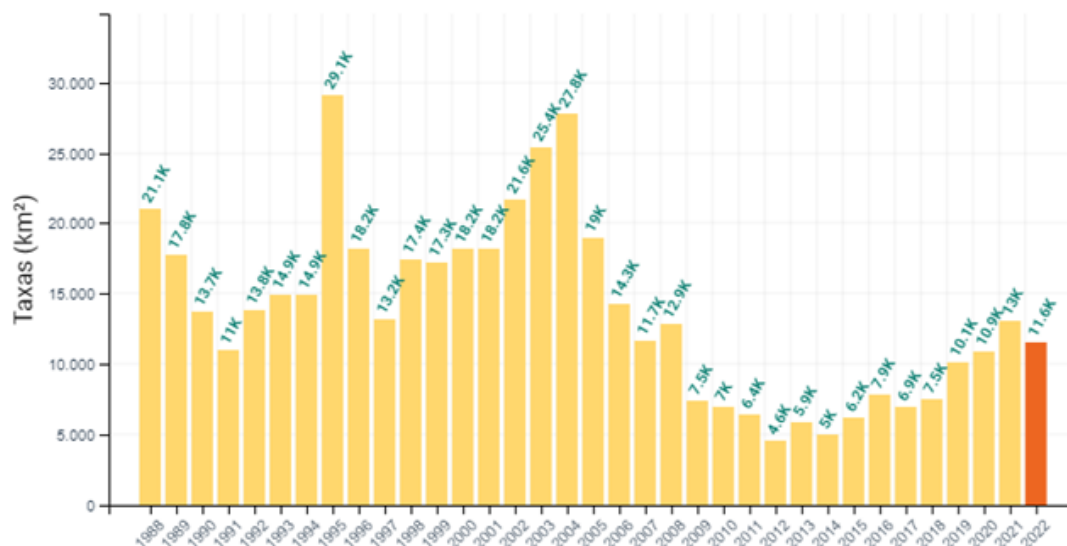


Figura 2 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira (km²/year).

Fonte: (INPE, 2023)

Com as implementações do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm (2004), do Fundo Amazônia (2008), e da Lei Nacional de Mudanças Climáticas (2009) as taxas de desmatamento caíram consideravelmente, atingindo o menor valor no ano de 2012, com 4.571,00 km² de área desmatada. Da mesma forma, o congelamento dos recursos do Ministério do Meio Ambiente (MMA)¹, pela Proposta de Emenda à Constituição 241 (BRASIL, 2016), que resultou na paralização dos projetos de implementação de unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI) e na diminuição da fiscalização ambiental no nível federal (MESSIAS, et al., 2021), fez com que os desmatamentos voltassem a subir, atingindo 13.038,00 km² de área desmatada em 2021.

A falta de imposição das restrições ao uso do solo estabelecidas no Código Florestal Brasileiro e o crescente sentimento de impunidade nas infrações de cunho ambiental, colocam em risco os resultados esperados pela política ambiental e CAR. Assim, de acordo com Vitiello et al. (2019), é importante que haja métodos e

¹ No ano de 2023 o Ministério do Meio Ambiente foi renomeado para Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.

procedimentos ou indicadores de avaliação, para analisar a implementação de novas políticas públicas, avaliando as inovações tecnológicas disponíveis e melhorando a sua aplicabilidade. Se os processos da política ambiental não forem mensurados não há como realizar a gestão do ambiente e de seus indicadores de sustentabilidade, de forma eficaz. Os indicadores de sustentabilidade devem ser mensurados utilizando métodos quantitativos e qualitativos com o objetivo de identificar potencialidades, riscos, tendências de desenvolvimento, entre outros.

Nos dias atuais, o uso de inovações tecnológicas que utilizam como base os dados espaciais digitais, tem fornecido a sociedade muito mais valor do que apenas mapas. Os dados espaciais são recurso essencial para implementação de sistemas de administração territorial agregando valores econômicos, sociais, ambientais e de desenvolvimento (RAJABIFARD, 2008). A utilização de dados espaciais permite que informações coletadas em diferentes instituições, sejam integradas utilizando a “localização” como quadro de referência comum, auxiliando na interoperabilidade das informações espaciais (UN-IGIF, 2023). Os principais benefícios na utilização de inovações tecnológicas, que utilizam como base informações espaciais digitais, são o aumento de eficiência, redução de custos, melhor prestação de serviços, transparência de informações, automatização de processos, padronização, otimização de recursos, verificação de inconsistências, análise de indicadores e auxílio no planejamento de políticas territoriais (UN-IGIF, 2023; NUNES, 2013; RAJABIFARD, 2008).

O estudo em questão, tem objetivo de analisar em que medida o Programa de Regularização Ambiental, do Cadastro Ambiental Rural, contribui para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais brasileiros. Para tal, são utilizados dados espaciais de diferentes instituições, como Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Serviço Florestal Brasileiro (SFB), visando realizar as análises espaciais e estatísticas da pesquisa. Além das análises espaciais e estatísticas, são realizadas entrevistas semi-estruturadas, com objetivo de complementar os resultados obtidos.

Para realizar a análise dos dados, o estado do Acre foi utilizado como estudo de caso da pesquisa. De uma forma geral, a dinâmica dos desmatamentos, no Estado do Acre, seguiu a lógica da região amazônica, com os picos em 1995 (1.208 km²) e 2003 (1.078 km²), queda após 2005 (com o menor valor em 2009 - 167 km²) e nova

ascensão após 2016 (com o terceiro maior valor já registrado, em 2021 - 889 km²). Em relação a implementação do Código Florestal de 2012 e do CAR, considerando todas as etapas da regularização ambiental, o estado do Acre está entre os 4 estados mais avançados, pois conta com Programa de Regularização Ambiental implantado, Projetos de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA) validados e Termos de Compromisso Ambiental (TCA) assinados (CHIAVARI, LOPES, & ARAUJO, 2021).

Problema da pesquisa

Ainda que as revisões literárias demonstrem que a implementação de sistemas de administração territorial, para realizar a regularização do território, resultem na melhoria das condições ambientais e, consequentemente, na conservação das áreas de floresta, é imprescindível que sejam realizadas análises buscando avaliar em que medida o PRA do CAR, está contribuindo para redução das taxas de desmatamento, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais brasileiros. A ausência de análises para avaliar as contribuições do PRA do CAR, na melhoria das condições ambientais dos imóveis rurais brasileiros, acarreta em uma ineficiente gestão do território e péssima avaliação dos indicadores de sustentabilidade da política ambiental, ocasionando tomadas de decisões imprecisas para a implementação do Código Florestal de 2012 (Figura 3).

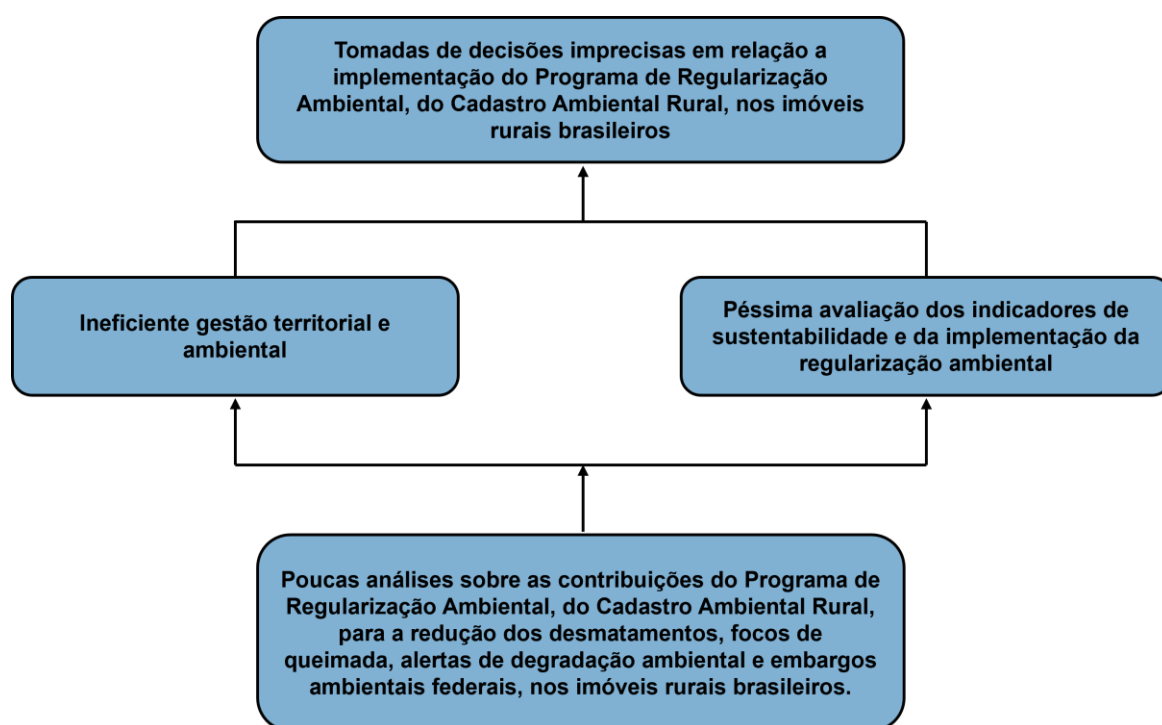


Figura 3 – Análise do problema da pesquisa

Fonte: Elaboração própria

Dessa forma, a pesquisa em questão realiza diversas análises quantitativas e qualitativas para avaliar em que medida o PRA do CAR está contribuindo para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais brasileiros, utilizando o Estado do Acre como estudo de caso.

Hipótese

A hipótese da pesquisa em questão, repousa na ideia de que o PRA do CAR, está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre.

Objetivos geral

Com base nesse cenário, o estudo objetiva, de modo geral, analisar em que medida o Programa de Regularização Ambiental (PRA), do Cadastro Ambiental Rural (CAR), está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre. De maneira específica, objetiva-se:

- a) avaliar a perda das coberturas florestais e os impactos causados ao ambiente (diminuição da biodiversidade, deterioração dos recursos hídricos e emissão de carbono na atmosfera);
- b) compreender a importância da gestão territorial e dos sistemas de administração de terras para a implementação do uso sustentável do solo e da regularização do território;
- c) identificar os impactos do Programa de Regularização Ambiental e do Cadastro Ambiental Rural, nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais brasileiros, e os desafios e oportunidades para realizar a regularização ambiental dos mesmos;
- d) propor sistema de monitoramento usando as informações geográficas coletadas na tese, para compreender a tendência e o cenário futuro dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis do CAR.

Assim, o trabalho foi dividido em quatro partes. A primeira contempla os pressupostos teórico-metodológicos e conceituais da pesquisa que aborda a perda de cobertura florestal e seus impactos ambientais, a importância da gestão territorial e dos sistemas de administração de terras para a implementação do uso sustentável do solo e da regularização do território, a política de regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros à luz da Geografia e a implementação do CAR e do PRA nos imóveis rurais brasileiros, com foco no estado do Acre. A segunda delinea os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a estratégia da pesquisa, unidade de análise, coleta de dados e subsequente análise destes, evidenciando a trajetória percorrida ao longo da pesquisa. A terceira apresenta os resultados obtidos, os quais demonstram as contribuições do PRA para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre, impactos do PRA nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais, desafios e oportunidades para a implementação do PRA e proposição de sistema de monitoramento do PRA e do CAR. Por último, são apresentadas as considerações finais da pesquisa.

2. Pressupostos teórico-metodológicos e conceituais da pesquisa

A seção 2 da pesquisa apresenta os conceitos e teorias importantes para a compreensão da relação entre os sistemas de administração territorial, o Cadastro Ambiental Rural, o Programa de Regularização Ambiental e o uso sustentável do solo, no Brasil. Estas análises ilustram as interações entre teoria e prática, formam base conceitual para a pesquisa e definem conceitos-chave apresentados no estudo.

2.1. A perda de cobertura florestal e os impactos no ambiente

A busca pela conservação ambiental e preservação dos recursos naturais, são uma preocupação crescente nas agendas políticas de vários países do globo. Assim, diversos governos e agências internacionais têm se esforçado para garantir que estes objetivos sejam levados em consideração. A área total de florestas do mundo é de cerca de 4 bilhões de hectares. No entanto, essas áreas estão distribuídas de forma desigual ao redor do globo, uma vez que mais da metade da área florestal do mundo (54%) está em cerca de 5 países, são eles Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China (FAO, 2020) (Figura 4).

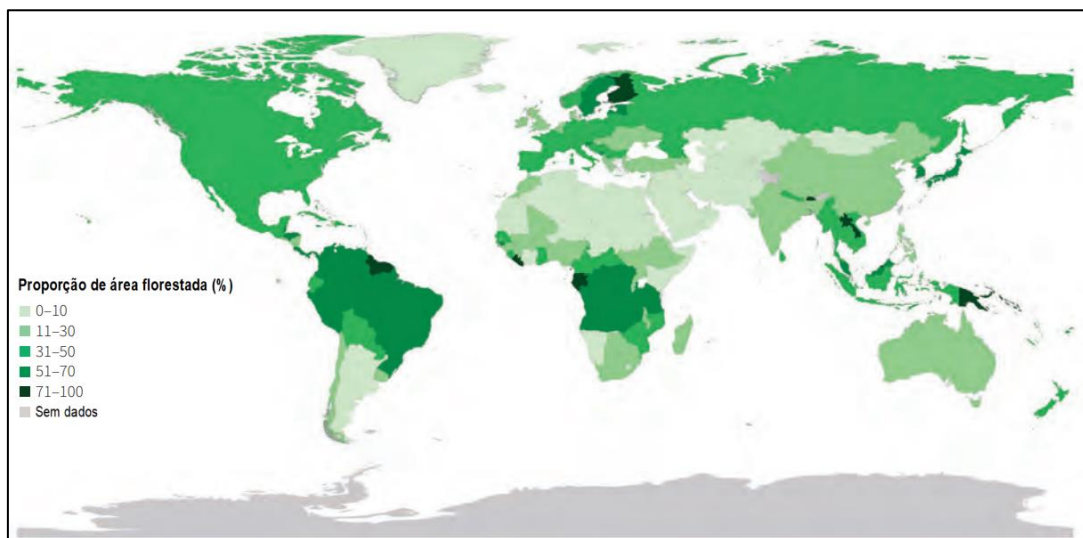


Figura 4 – Percentual de área de floresta em relação ao total de área analisada, por país.

Fonte: Adaptado da FAO (2020).

Os dez países com a maior área florestal representam, aproximadamente, dois terços (66%) do total mundial (Tabela 1). Além disso, de acordo com dados da FAO (2020), oito países e territórios não possuem nenhuma floresta, como as Malvinas, Gibraltar, Santa Sé, Mônaco, Nauru, Catar, Ilhas Svalbard e Jan Mayen e Tokelau. Outro dado importante, referente a distribuição florestal no mundo, é que 50 países e territórios têm florestas em menos de 10% de suas áreas totais (FAO, 2020).

Tabela 1 – Os dez países com maior área florestal, em 2020.

Classificação	País	Área de Floresta		
		1000 ha	% de área de floresta do mundo	% acumulado
1	Rússia	815.312	20	20
2	Brasil	496.620	12	32
3	Canadá	346.928	9	41
4	Estados Unidos da América	309.795	8	49
5	China	219.978	5	54
6	Austrália	134.005	3	57
7	República Democrática do Congo	126.155	3	60
8	Indonésia	92.133	2	63
9	Peru	72.330	2	64
10	Índia	72.160	2	66

Fonte: (FAO, 2020).

A taxa da perda líquida de florestas diminuiu substancialmente no período entre 1990 e 2020. Este fato se deve, principalmente, à redução do desmatamento em alguns países e ao aumento das áreas florestais em outros (os quais ocorrem por meio do reflorestamento e da expansão natural das florestas). A taxa de perda líquida de florestas reduziu de 7,8 milhões de hectares por ano, na década de 1990, para 5,2 milhões de hectares por ano, nos anos 2000, e 4,7 milhões de hectares por ano, entre o ano de 2010 e 2020 (FAO, 2020). A redução da perda líquida de áreas florestais no mundo, é resultado de ações de governos, sociedade civil e organizações internacionais, que procuram cada vez mais implementar a gestão eficiente do território e o uso sustentável do solo.

Ainda que as taxas de perda líquida de área florestal, tenham sido reduzidas, a demanda global por produtos agrícolas e a competição por terras têm aumentado expressivamente. A disputa por terras é uma realidade global, mesmo que a demanda por produtos agrícolas aumente em uma parte do mundo, a pressão para fornecer as *commodities* pode acontecer em outro lugar. Este deslocamento tem impulsionado a conversão do uso da terra em todas as partes do globo, com a conversão de áreas florestais em pastagens ou terras agrícolas (STRASSBURG, et al., 2014).

Projeções da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) mostram que terras destinadas à agricultura, em países em desenvolvimento, podem ter um aumento de 110 milhões de hectares nos próximos 40 anos, o que poderia contribuir para o aumento dos desmatamentos, perda de biodiversidade, impacto nos recursos hídricos e emissão de carbono na atmosfera (STRASSBURG, et al., 2014). Segundo o Mapbiomas (2024), no período entre 1985 e 2022, foram convertidos 102.147.109 hectares de floresta para agropecuária, no Brasil.

2.1.1. A perda de cobertura florestal e os impactos na biodiversidade

De acordo com a ONU (1992), o conceito de biodiversidade pode ser definido como a variedade das formas de vida (da flora e fauna) existentes, papéis ecológicos que desempenham e diversidade genética que contêm. As razões para a proteção da biodiversidade, incluem valores éticos, ambientais, econômicos, culturais e sociais. Alguns exemplos que reforçam a importância da biodiversidade são a criação de novos medicamentos, a manutenção de serviços ecossistêmicos realizados por cada espécie, a proteção da diversidade genética, entre outros (ALHO, 2012; Joly et al., 2011).

A maior parte dos países têm relativamente poucas espécies responsáveis pelo volume de madeira em pé, em suas florestas. Nestes países, as dez espécies mais comuns de árvores são responsáveis por mais de 50% do volume total de madeira. Conforme demonstra a Figura 5, as exceções são América do Sul e Central, Sul e Sudeste Asiático e África Ocidental e Central. Estas regiões abrigam diversidade particularmente alta de espécies de árvores nativas. A América do Sul é o continente

com maior número médio de espécies florestais nativas, sendo o Brasil, o país com maior número de espécies florestais nativas do mundo (FAO, 2006).

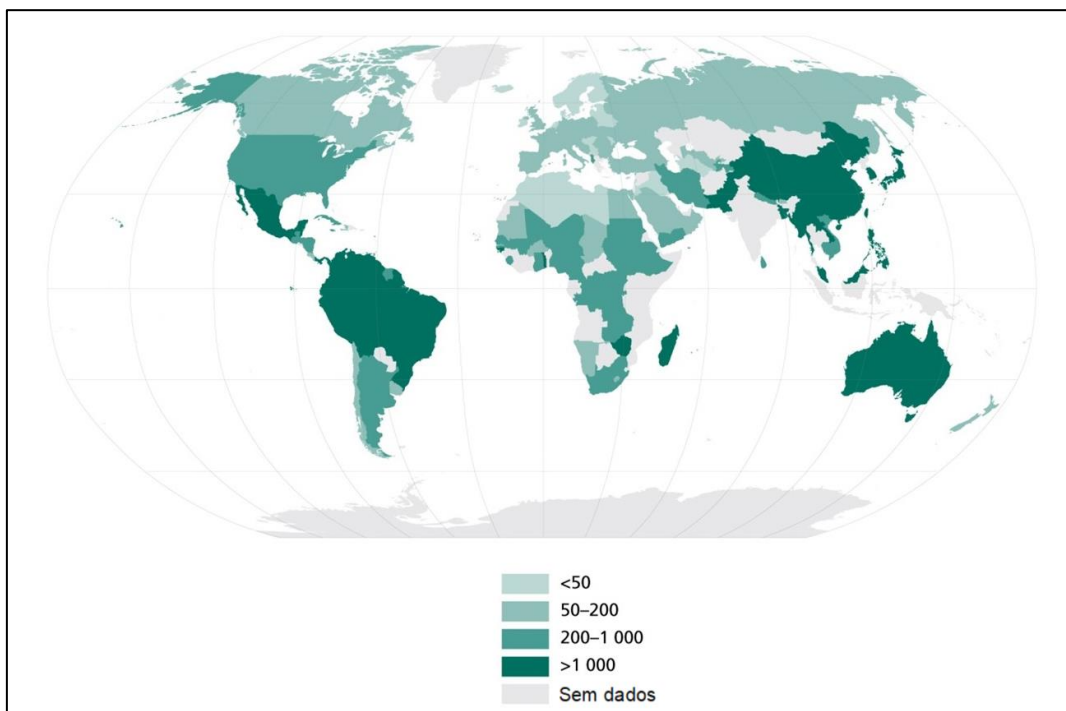


Figura 5 – Número de espécies de árvores nativas, em florestas, por país.
Fonte: Adaptado da FAO (2006).

É importante destacar que o Brasil tem a flora mais rica do mundo, com mais de 56.000 espécies de plantas (quase 19% da flora mundial). Estimativas indicam a existência de aproximadamente 5 a 10 espécies de gimnospermas, 55.000 a 60.000 espécies de angiospermas, 1.200 a 1.300 espécies de pteridófitos, cerca de 3.100 espécies de briófitas e 525 espécies de algas marinhas (GIULIETTI, et al., 2005 apud MMA, 1998). Estes números não incluem os fungos e os líquens, estes últimos com estimativas de 2.800 espécies no Brasil (Ibid.).

Em relação a fauna brasileira, Lewinsohn e Prado (2005) estimam que exista aproximadamente 103.000 a 134.000 espécies de animais. Os animais vertebrados foram estimados em cerca de 7 mil espécies, sendo 541 mamíferos, 1.696 aves, 633 répteis, 687 anfíbios e 3.420 peixes. Por outro lado, os animais invertebrados foram estimados em aproximadamente 96.000 a 130.000 espécies. Segundo a Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 148, o Brasil possui 1.249 espécies na lista oficial de espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção (BRASIL, 2022).

Com objetivo de proteger a biodiversidade do Brasil diversas leis, normas e políticas foram estabelecidas pelo Estado. A Constituição Federal (BRASIL, 1988),

estabelece que o poder público deve “proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade”. Neste sentido, a publicação das Listas Nacionais de Espécies Ameaçadas de Extinção, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022), é outra ferramenta importante para a conservação da biodiversidade, pois institui proteção legal imediata para qualquer espécie listada.

O Código Florestal (BRASIL, 2012), ao estabelecer as áreas de preservação permanente (APP) e de reserva legal (RL), definiu as principais estratégias para a conservação da biodiversidade nos imóveis rurais brasileiros. Cabe ressaltar que as áreas de preservação permanente estão localizadas em faixas marginais de qualquer curso de água natural perene ou intermitente, áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, áreas no entorno de reservatórios de água artificiais, áreas no entorno de nascentes e olhos d’água, encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, topo de morros, montes, montanhas e serras, áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros e em ecossistemas de vereda, restinga, tabuleiro ou manguezal (BRASIL, 2012). As áreas de preservação permanente, de regiões com altitude superior a mais de 1.800 metros de altitude, representam menos de 1% do território nacional. No entanto, a conservação destas áreas é de suma importância para a conservação da biodiversidade. Devido ao isolamento geográfico e a diversidade físico-geográfica, essas regiões podem apresentar altas taxas de endemismo. Contudo, as espécies que habitam essas regiões são muito sensíveis a distúrbios e alterações em seu habitat (SILVA, et al., 2012).

Áreas situadas nos ecossistemas de vereda, restinga, tabuleiro ou manguezal, também são consideradas áreas de preservação permanente. Estes ecossistemas são responsáveis por desempenhar papel fundamental para a conservação dos biomas brasileiros. São muitos os serviços ambientais realizados por estes ecossistemas, como a ciclagem de nutrientes, estabilidade do solo, conservação da biodiversidade, fixação de dunas (em restingas), entre outros (BRASIL, 2012).

As áreas de reserva legal são de fundamental importância para a conservação da biodiversidade brasileira. Diferentemente das áreas de preservação permanente, que são responsáveis pela proteção de áreas frágeis ou estratégicas ambientalmente, as áreas de reserva legal são instrumento adicional para conseguir a conservação de ecossistemas e espécies nativas e garantir a sustentabilidade biológica e ecológica

(METZGER, 2010). Segundo o Código Florestal de 2012 a reserva legal é definida como:

Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012)

As áreas de reserva legal, bem como as áreas de proteção permanente, devem ser espacializadas, visando facilitar o fluxo genômico da flora e fauna brasileira. Tal espacialização deve ser feita de forma a favorecer a conectividade da cobertura florestal entre as áreas de preservação permanente, de reserva legal e remanescentes florestais, gerando verdadeiros corredores ecológicos de biodiversidade (SILVA, et al., 2012). A formação de corredores ecológicos se baseia na conexão de fragmentos florestais visando a proteção da biodiversidade, gestão dos recursos hídricos, entre outros, a partir da redução do isolamento desses (PEREIRA & CESTARO, 2016).

2.1.2. A perda de cobertura florestal e os impactos no ciclo da água e recursos hídricos

A floresta e a água são recursos importantes e interconectados que fornecem diversos serviços ambientais fundamentais às sociedades humanas e ao ambiente. Esses recursos são altamente interdependentes, o que significa que a mudança em um recurso, afeta diretamente o outro. A retirada da cobertura florestal modifica e altera o regime hídrico, a qualidade química e as propriedades físicas da água. Da mesma forma, a falta de água pode resultar na mortalidade de árvores e mudanças na cobertura florestal de um ecossistema (DESSIE & BREDEMEIER, 2013).

Por ser um solvente, a água contém materiais orgânicos e inorgânicos e gases dissolvidos derivados de seu ambiente. Isto significa que a sua qualidade depende, principalmente, de sua fonte de origem e sua posterior exposição à poluição. Bacias hidrográficas com relevante cobertura florestal, geralmente oferecem água de alta qualidade e um sistema hidrológico estável. Por outro lado, usos como agricultura, pastagem e indústria, aumentam a erosão do solo e quantidade de poluentes na água (Ibid.).

Assim, as áreas importantes para conservação dos recursos hídricos, como as nascentes de água, os cursos de água e áreas de recarga de aquífero, devem possuir cobertura florestal. A implementação de cobertura florestal nestas áreas estratégicas conserva as nascentes de água, reduz a erosão do solo, filtra os poluentes da água, reduz o risco de inundação, aumenta a recarga dos aquíferos, reduz o assoreamento dos rios e lagoas, favorece ocorrência de precipitação, entre outros (Figura 6).

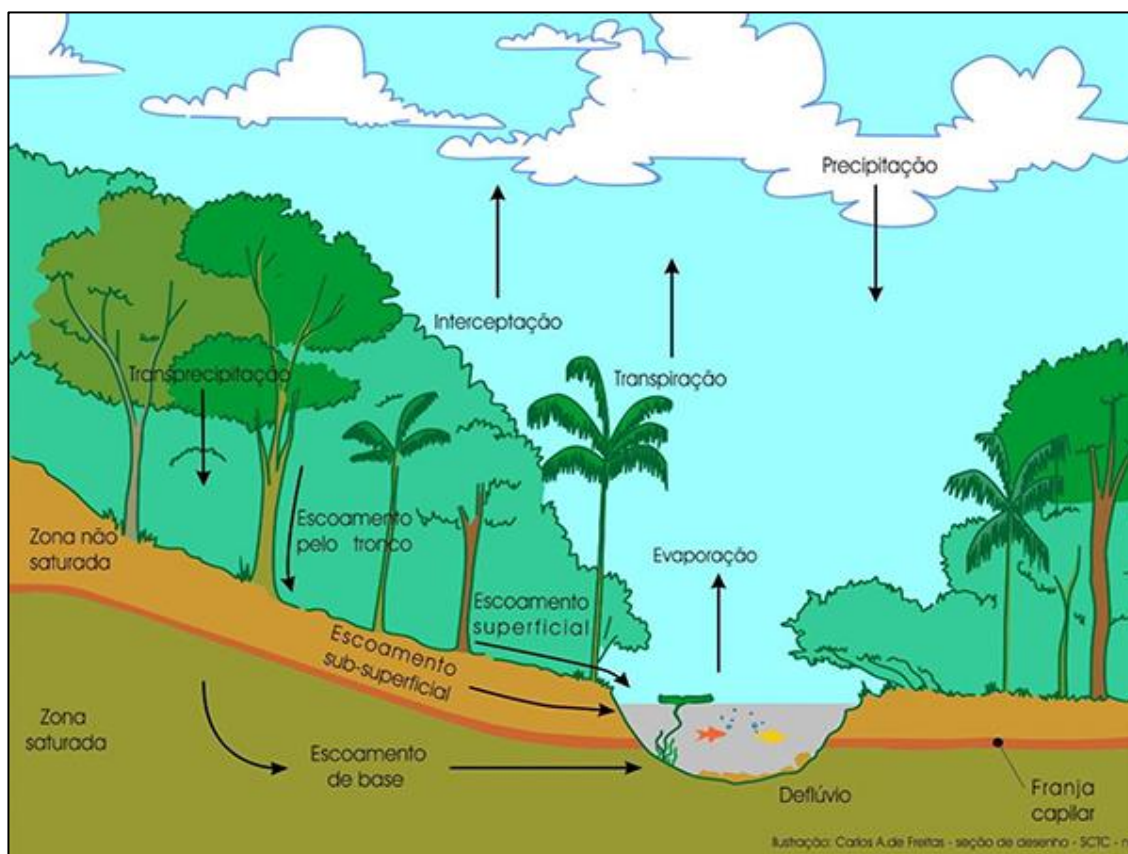


Figura 6 – Importância da vegetação para a produção de água.
Fonte: (SIMA-SP, 2022)

Por outro lado, a retirada da cobertura florestal causa desaparecimento de nascentes, erosão do solo, aumento de poluentes na água, risco de inundação, redução na carga dos aquíferos, assoreamento de rios, lagos e lagoas, redução da precipitação e outros problemas de cunho ambiental (SILVA, et al., 2012).

Em relação a disponibilidade de recursos hídricos no território nacional, cabe destacar que o Brasil detém 12% das reservas de água doce do planeta e 53% dos recursos hídricos disponíveis na América do Sul (BRASIL, 2014). Além disso, o país abriga a maior bacia hidrográfica do mundo, denominada Bacia Amazônica, a qual cobre cerca de 6 milhões de km² e tem 1.100 afluentes (BRASIL, 2023). Seu

principal rio, o Rio Amazonas, deságua no Oceano Atlântico, lançando cerca de 175 milhões de litros de água, por segundo (Ibid.).

Com objetivo de garantir a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, no território nacional, o Estado Brasileiro estabeleceu diversas leis e normas, como por exemplo, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)² (BRASIL, 1997). O Código Florestal (BRASIL, 2012), ao estabelecer as áreas de preservação permanente, em matas ciliares (faixas marginais em cursos de água) e nascentes de água, definiu as principais estratégias para a conservação dos recursos hídricos.

O Código Florestal (BRASIL, 2012), estipula que áreas de mata ciliar devem ser preservadas permanentemente e a largura da mata ciliar deve variar de acordo com o tamanho e tipo do recurso hídrico. Assim, os rios com dimensões menores precisam preservar uma área com mata ciliar menor, enquanto rios com dimensões maiores devem preservar área de mata ciliar maior. Sobre a preservação da mata ciliar (faixa marginal de curso d'água), o Código Florestal de 2012 estabelece que:

As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012).

Áreas de preservação permanente em mata ciliar são de extrema importância para minimizar a perda de solo via erosão superficial. A erosão superficial causada pelo impacto das chuvas em áreas sem vegetação, comum em regiões tropicais, gera diversos prejuízos como o empobrecimento do solo e assoreamento de rios. A perda anual de solo em uma pastagem é em torno de 0,24 toneladas por hectare, enquanto que no mesmo tipo de solo, mesma declividade e distância do rio, a perda anual de

² Instituída pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) a Política Nacional de Recursos Hídricos tem dentre seus objetivos assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados, e incentivar a captação e preservação de águas pluviais, sendo relevante instrumento jurídico para a preservação do ciclo hidrológico e dos recursos hídricos, no Brasil.

solo no interior da mata ciliar é em torno de 0,0009 toneladas por hectare (SILVA, et al., 2012).

As áreas de preservação permanente no entorno de nascentes de água devem ter a vegetação preservada em um raio de 50 metros. Essa vegetação atua como um amortecedor da chuva, reduzindo o impacto da água no terreno e a compactação do solo. Dessa forma, a vegetação permite, juntamente com toda a massa de raízes das plantas, que o solo permaneça capaz de absorver a água da chuva, alimentando os lençóis freáticos e regulando o ciclo hidrológico (SILVA, et al., 2012).

Além dos impactos causados no ciclo da água e nos recursos hídricos, a perda de cobertura florestal é responsável por parte das emissões de carbono na atmosfera. Estas emissões contribuem para as mudanças climáticas impactando o ambiente, os ecossistemas, a biodiversidade, a produção agrícola e a economia e sociedade em geral (MARENGO & SOUZA JR., 2018).

2.1.3. A perda de cobertura florestal e a emissão de carbono (CO₂), na atmosfera

As preocupações relacionadas à redução da cobertura florestal, emissão de carbono na atmosfera e mudança climática, vêm crescendo a cada ano em diversos países. A capacidade das florestas de absorver carbono, por meio da fotossíntese e produção de biomassa, e de emitir carbono, por meio de desmatamentos e incêndios florestais, tem sido estudada em diferentes regiões do globo (SOUZA, et al., 2012).

De acordo com a FAO (2020), o estoque total de floresta em crescimento, na Terra, é estimado em 557 bilhões de m³. O estoque de crescimento florestal, por unidade de área é maior na região tropical, liderado pela América do Sul, América Central, África Ocidental e África Central (ordem decrescente). No entanto, também é alto em outras regiões, como na Europa, que possui climas temperados e florestas boreais (Ibid.). É importante ressaltar que, segundo a tabela apresentada a seguir (Tabela 2), elaborada pela FAO (2020), o Brasil é o país que possui o maior estoque de floresta em crescimento do mundo, com 120 bilhões de m³, o que equivale a quase 22 por cento do estoque mundial.

Tabela 2 – Os dez países com maiores volumes de estoques de floresta, em crescimento.

Classificação	País	Estoque em crescimento (milhões de m³)
1	Brasil	120.358
2	Rússia	81.071
3	Canadá	45.108
4	Estados Unidos da América	41.269
5	República Democrática do Congo	30.782
6	China	19.191
7	Colômbia	14.830
8	Indonésia	12.727
9	Perú	11.525
10	Venezuela	10.254

Fonte: (FAO, 2020).

O armazenamento do carbono nos estoques de florestas em crescimento evita a ocorrência do efeito estufa. Por outro lado, incêndios florestais e desmatamentos emitem quantidades significativas de gases que alavancam o efeito estufa. Como o Brasil possui o maior estoque de florestas em crescimento do mundo, a capacidade do país para evitar essas emissões representa um valioso recurso para mitigação das mudanças climáticas globais.

Neste cenário, cabe salientar que em 2021 a mudança do uso da terra em floresta foi responsável por cerca de 50% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1,2 bilhões de toneladas de carbono), enquanto a restauração florestal foi responsável por 100% da remoção de gases de efeito estufa (660 milhões de toneladas de carbono) (SEEG, 2023). Dessa forma, políticas que procuram reduzir as taxas de desmatamento e aumentar as áreas de restauração florestal são essenciais para a redução das emissões brasileiras de gases do efeito estufa.

A conservação da floresta amazônica tem múltiplos benefícios ambientais e sociais. No entanto, a redução das emissões de carbono na atmosfera, com objetivo de evitar as mudanças climáticas globais é o benefício com maior probabilidade de trazer os fluxos financeiros necessários para afetar as decisões atuais sobre desenvolvimento na Amazônia. O valor monetário dos serviços ambientais oferece

a possibilidade de substituir uma economia, quase toda baseada na destruição da floresta, por uma economia baseada na floresta em pé (FEARNSIDE, 2010).

Conforme visto nesta subseção (2.1), a retirada da cobertura florestal causa uma série de impactos no ambiente, como a perda da biodiversidade, desregulação dos ciclos hidrológicos e emissão de carbono na atmosfera. Assim, é necessário reduzir os desmatamentos, focos de queimadas, degradações e crimes ambientais, visando reduzir os impactos no ambiente e implementar o uso sustentável do solo. Segundo Enemark (2007), Törhönen (2004) e Williamson (2001), a implementação da eficiente gestão do território, com o uso de sistemas de administração territorial, promove a conservação ambiental e o uso sustentável do solo.

2.2. A importância da gestão territorial e de sistemas de administração de terras para a implementação da regularização do território e do uso sustentável do solo

O conceito de gestão territorial mudou ao longo dos anos e, após a década de 1980, o conceito vem sendo discutido, principalmente, em relação à escassez de terras e seus recursos naturais. Com isso, a necessidade de combater a degradação ambiental e a busca por um desenvolvimento sustentável tem sido o foco da gestão do território (MASUM, 2009). Uma das primeiras evidências desta mudança foi a conferência Eco-92 (Rio-92), na qual 179 países acordaram e assinaram a Agenda 21, um programa de ações baseado em um documento de 40 capítulos, com objetivo de promover um novo padrão de desenvolvimento, denominado sustentável. Neste relatório, esta nova abordagem sobre a gestão do território fica explícita, buscando conciliar proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Segundo Enemark (2006), a gestão territorial pode ser definida como:

A gestão territorial é o processo pelo qual os recursos da terra são aplicados de maneira eficaz. Abrange todas as atividades associadas à gestão da terra e de recursos naturais necessários para atingir o desenvolvimento sustentável. A estrutura organizacional para a gestão territorial varia amplamente entre os países e regiões em todo o mundo, refletindo os contextos culturais e jurídicos locais. Os arranjos institucionais podem evoluir ao longo do tempo para melhor apoiar a implementação

das políticas territoriais e a boa governança da terra. (ENEMARK, 2006, p. 13 tradução nossa)³

Neste sentido, a gestão territorial pode ser entendida como todas as atividades relacionadas ao manejo do uso do terra e seus recursos naturais, que tenham objetivo de atingir o desenvolvimento sustentável. Não está apenas relacionado ao ambiente natural, mas também ao ambiente construído, ou seja, o processo no qual todos os recursos relacionados à terra são colocados em bom funcionamento (ENEMARK, 2007).

É importante ressaltar que o contexto de cada país influencia diretamente na gestão do território, valores como o acesso à informação e transparência de dados, gestão participativa, equidade social, entre outros, são diferentes em cada país, além de mudar ao longo do tempo.

Conforme demonstrado na figura 7, a gestão do território a partir das ideias de Enemark (2007), pode ser entendida como a combinação de diferentes aspectos relacionados à terra, para atingir o desenvolvimento sustentável (política territorial, administração territorial e sistema de informação territorial).

³ “Land management is the process whereby land resources are put to good effect. It encompasses all activities associated with the management of land and natural resources required for the achievement of sustainable development. Organisational structure for land management varies widely between countries and regions throughout the world, reflecting local cultural and judicial settings. Institutional arrangements may change over time to better support implementation of land policies and good governance.” (ENEMARK, 2006)

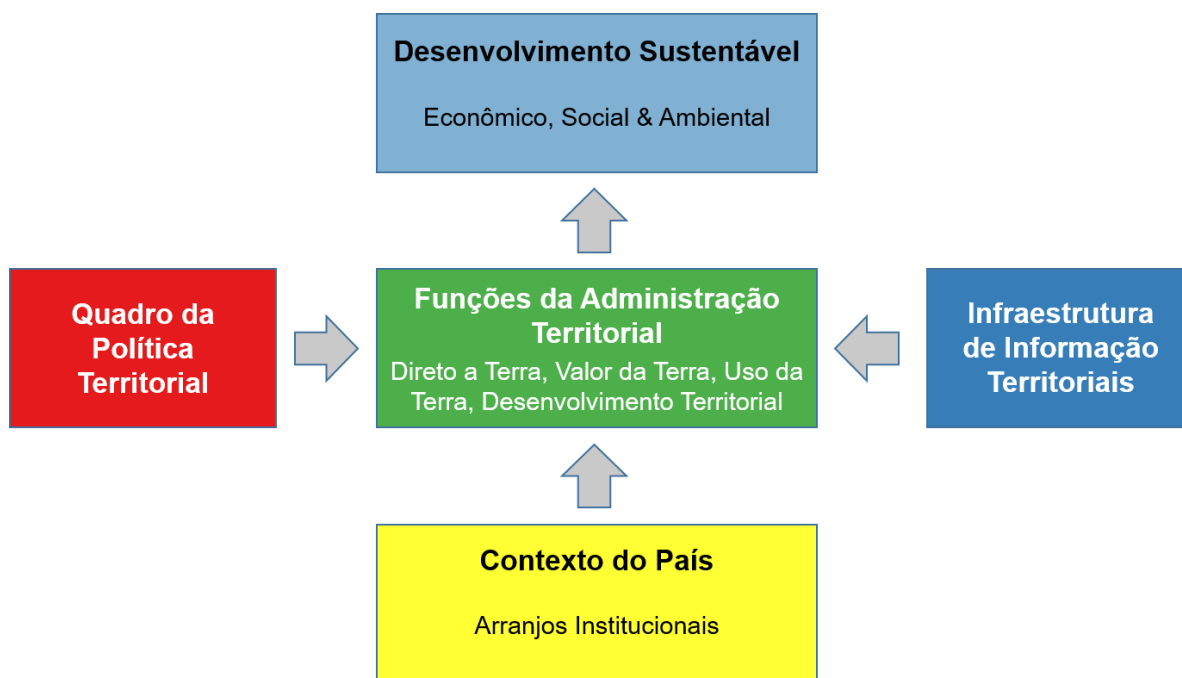


Figura 7 – Paradigma da Gestão Territorial.
Fonte: Adaptado de Enemark (2007).

A política territorial é parte da política nacional, a qual visa implementar a segurança jurídica da terra, o controle do uso do solo e seus recursos naturais, a provisão de terras para os pobres, a tributação da propriedade, entre outros. A administração territorial visa fornecer acesso a informações completas e atualizadas, relacionadas ao ambiente natural e construído, usando o cadastro como um elemento-chave. O sistema de informação territorial, por sua vez, é responsável por fornecer conjuntos de dados cadastrais e topográficos, de forma eficiente, a fim de aprimorar as funções da administração de terras (ENEMARK, WILLIAMSON, & WALLACE, 2005).

Dessa forma, a gestão territorial visa potencializar o cumprimento das metas econômicas, sociais e ambientais estabelecidas na política territorial (TÖRHÖNEN, 2004). Uma das principais barreiras para atingir essas metas está frequentemente relacionada à ineficiência dos sistemas de administração territorial. De acordo com Törhönen (2004), a gestão territorial, sem uma administração territorial adequada, opera sem qualquer conexão com a realidade.

2.2.1 A política territorial como conceito-chave na gestão do território

Analizando a hierarquia de diferentes conceitos territoriais (gestão territorial, política territorial, administração territorial, entre outros), a política territorial pode ser entendida como o conceito mais importante na organização do território de um país (TÖRHÖNEN, 2004). Faz parte dos planos nacionais para o desenvolvimento, sendo um instrumento governamental que estabelece as estratégias para atingir os objetivos econômicos, sociais e ambientais, relacionados a utilização da terra e seus recursos naturais (GLTN, 2023). Conforme mencionado na subseção anterior, valores como o acesso à informação (transparência), gestão participativa e equidade social, são diferentes em cada país e isso tem influência direta no estabelecimento da política territorial.

De acordo com Törhönen (2004), a política territorial também é considerada como uma diretriz para obter um sistema de administração de terras eficiente. Essa política deve estar alinhada com os objetivos nacionais, levando a ações concretas. Uma política territorial confusa, resulta em um sistema de administração territorial ineficaz. Por outro lado, uma política territorial objetiva, sem os meios para a sua implementação, não é melhor, levando ao fracasso de seus objetivos (Ibid.). Dessa forma, para implementar a boa gestão do território e desenvolvimento sustentável, é necessário que a política territorial seja objetiva, coerente, simples e efetiva e que o setor de terras possua eficiente sistema de administração territorial.

Conforme demonstrado na Figura 8 a política territorial define os valores, objetivos e a estrutura regulatória para lidar com as questões de terras (leis, normas e decretos). Com a política territorial definida, o planejamento espacial e o quadro institucional são responsáveis pela sua implementação, transformando os objetivos da política em realidade. O estabelecimento, atualização e definição, dos objetivos da política de terras, devem refletir as necessidades da sociedade e estar de acordo com o contexto do país (disponibilidade de recursos técnicos e financeiros).

A implementação de uma política territorial com valores, objetivos e quadro regulatório, baseados nos princípios da sustentabilidade e boa governança de terras, resulta em um setor de terras eficaz, honesto, equitativo, transparente, responsável, participativo e sustentável (MAGEL, KLAUS, & ESPINOZA, 2014).

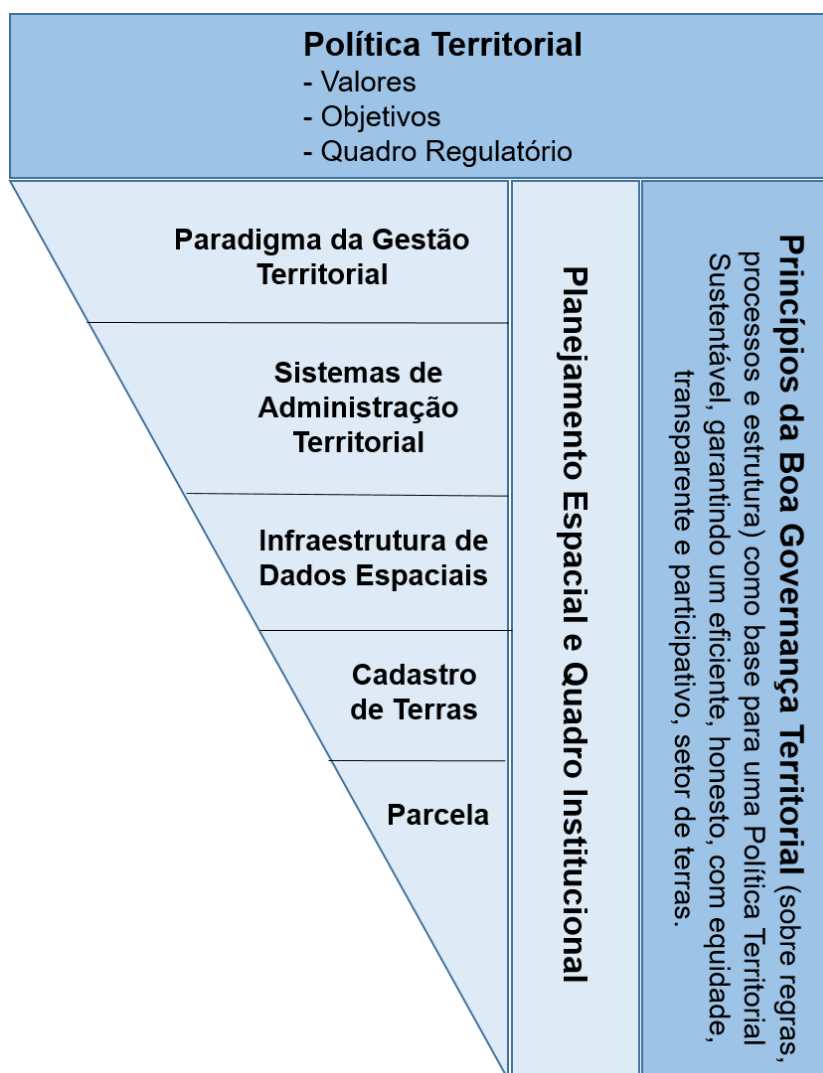


Figura 8 – Tríade da Gestão Territorial
 Fonte: Adaptado de Magel, Klaus, & Espinoza (2014).

Assim, a política territorial promove objetivos que incluem sustentabilidade, desenvolvimento econômico, justiça social, equidade relacionada ao acesso à terra, estabilidade política, entre outros. Frequentemente, está associada ao: direito à terra; mercado de terras (transações de terras e acesso ao crédito); tributação imobiliária; controle e gestão sustentável do uso da terra, recursos naturais e meio ambiente; a provisão de terras para os pobres, mulheres e minorias étnicas; medidas para evitar que ocorra a especulação de terras; e resolução de conflitos territoriais (ENEMARK, WILLIAMSON, & WALLACE, 2005). Para conseguir implementar estes objetivos estabelecidos é necessário que o quadro institucional, responsável pela gestão do território, possua os meios necessários para a sua implementação.

No Brasil, a política territorial tem o objetivo de realizar a regularização do território, em seus diversos aspectos, visando implementar o direito à terra, eficiente mercado de terras, gestão do uso do solo e seus recursos naturais e desenvolvimento territorial (REYDON, et al., 2017). Para tal, foram estabelecidas as leis e decretos (política territorial), que visam realizar a regularização do território brasileiro nos aspectos ambiental⁴, fundiário e fiscal.

2.2.2. Os sistemas de administração de terras e o uso sustentável do solo

Segundo Lawrance (1972 apud TÖRHÖNEN, 2004), registros inadequados de terras impactam o desenvolvimento de forma direta e adversa, enquanto registros adequados fornecem estímulo ao mercado de terras, segurança para o fornecimento de créditos e informação para um planejamento eficiente. Após quatro décadas, os benefícios esperados na implementação dos sistemas de administração territorial, parecem não ter mudado muito, apenas agregando impactos positivos importantes no meio ambiente e na sustentabilidade (TÖRHÖNEN, 2004). Assim, os sistemas de administração de terras passaram a incorporar novos objetivos, como a gestão das restrições ao uso do solo, visando a conservação de florestas e recursos naturais.

Os modernos sistemas de administração territorial se tornaram mais plurais e dinâmicos, refletindo as necessidades de mudança dos governos e formuladores de política (ENEMARK, WILLIAMSON, & WALLACE, 2005). Alguns motivadores para estas mudanças são o desenvolvimento de geotecnologias, a necessidade de monitoramento ambiental, a necessidade de fornecer novos serviços à sociedade e a necessidade de implementar uma infraestrutura de dados espaciais.

Estes motivadores de mudança, por sua vez, promoveram o estabelecimento de sistemas de administração territorial multifinalitários, os quais buscam realizar a gestão dos direitos, restrições e responsabilidades, que as pessoas têm em relação

⁴ Visando analisar as leis e decretos, que estabelecem os procedimentos necessários para realizar a regularização ambiental de imóveis rurais brasileiros, o subitem 2.4.1 aborda a Lei Federal nº 12.651 de 2012 (Código Florestal Brasileiro), o Decreto Federal nº 7.830 de 2012 (responsável por criar o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - SICAR) e o Decreto Federal nº 8.235 de 2014 (responsável por fixar as normas do Programa de Regularização Ambiental).

à terra. Segundo Williamson, Enemark, Wallace e Rajabifard (2010), os processos de administração territorial são fundamentais para a gestão do território:

Os processos de administração da terra estão tão intimamente relacionados com as formas como as comunidades usam, distribuem e organizam a terra, que são cruciais para a gestão da terra. A gestão da terra engloba os processos mais amplos que controlam e organizam a atividade humana em relação à terra. Os processos de administração de terras são capazes de fornecer muito mais do que foram historicamente projetados para fazer. Quando entendidos a partir da perspectiva de gestão da terra, em vez de seus propósitos originais limitados, os processos de administração da terra, individual e coletivamente, fornecem feedback sistemático sobre a política de sustentabilidade. Este ciclo de mão dupla permite a “contabilidade da sustentabilidade” (WILLIAMSON, et al., 2010, p. 87, tradução nossa).⁵

A relação entre gestão e administração do território é que a gestão do território implementa a política territorial, por meio da administração do território. Assim, a gestão do território é uma atividade que visa a implementação do uso sustentável do solo, enquanto a administração territorial é uma implementadora que segue a lei e, conseqüentemente, a valoriza (TÖRHÖNEN, 2004). Um ponto importante que muitas vezes é menosprezado é que a gestão do território sem uma administração territorial adequada, opera sem qualquer conexão com a realidade. Nestes casos, a base é fraca, tornando a gestão territorial uma espécie de arte abstrata (Ibid.). Esta operação não é fácil de se executar, estando o desafio em implementar um sistema de administração territorial adequado repousado na criação de sistemas eficazes e acessíveis para servir ao governo e ao povo. O prazo exigido para implementação destes sistemas de administração territorial é longo, provavelmente mais perto de dezenas de anos do que anos (TÖRHÖNEN, 2004).

Conforme demonstrado na Figura 9, a administração territorial possui uma extensa gama de sistemas e processos (posse, valor, uso e desenvolvimento da terra) que precisam ser implementados e gerenciados (ENEMARK, WILLIAMSON, &

⁵ “Land administration processes are so closely related to the ways communities use, distribute, and organize land that they are crucial to land management. Land management encompasses the broader processes that control and organize human activity in relation to land. These land administration processes then are capable of delivering far more than what they were historically designed to do. When understood from land management perspectives rather than their narrow original purposes, land administration processes, individually and collectively, provide systematic feedback on sustainability policy. This two-way loop allows “sustainability accounting” (WILLIAMSON, et al., 2010)

WALLACE, 2005). Na visão dos sistemas de administração territorial, o direito à terra (segurança jurídica da propriedade), valor da terra (mercado de terras), uso da terra (gestão do uso do solo e seus recursos naturais) e desenvolvimento territorial (regulamentos, zoneamentos, planos de ordenamento territorial, entre outros) são sistemas inter-relacionados que influenciam diretamente uns aos outros.

Neste processo, podemos avaliar a situação da regularização da propriedade enquanto elemento chave para a organização territorial de determinado recorte, uma vez que a regularização fundiária (posse da terra) do imóvel influencia diretamente no seu valor, assim como o valor da terra influencia o uso do solo. A esse respeito, a Figura 9 demonstra a perspectiva global dos modernos sistemas de administração territorial.

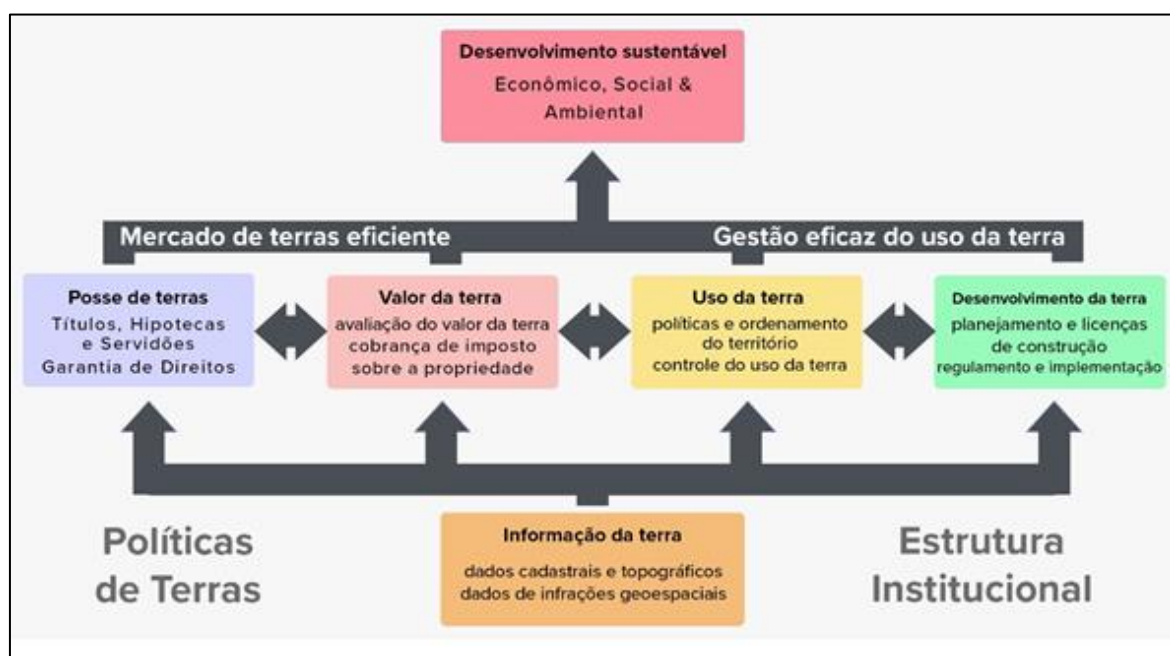


Figura 9 – Perspectiva global dos modernos sistemas de administração territorial.

Fonte: Adaptado de Enemark, Williamson, & Wallace (2005).

Os sistemas de administração territorial são responsáveis por fornecer dados detalhados em nível da parcela de terra, apoiando as necessidades do indivíduo e da comunidade em geral. Dentre os benefícios esperados na implantação dos sistemas de administração territorial, pode-se citar a segurança jurídica da terra (emissão de títulos, fornecimento de créditos, investimentos diversos e garantia de direitos), a correta avaliação do valor da terra (eficiente arrecadação de tributos, mercado de terras e outras questões fiscais), o uso sustentável do solo (políticas de ordenamento do território, gestão dos recursos naturais e implementação das restrições ao uso do

solo) e o desenvolvimento territorial (emissão de licenças de construção, planos de desenvolvimento e implementação de regulamentos estabelecidos). Pela relevância dos serviços prestados, os sistemas de administração territorial possuem objetivos ambiciosos para cumprir, atuando como espinha dorsal para a sociedade.

Conforme apresentado na Figura 10, para a implementação dos modernos sistemas de administração territorial, é necessário possuir uma boa disponibilidade de dados espaciais cadastrais e topográficos, que contribuem para estabelecer uma melhor política do território. Uma melhor política territorial resulta em uma melhor administração e gestão do território, que contribui para implementar um melhor uso do solo. Da mesma forma, uma boa administração e gestão territorial contribui para o estabelecimento de uma melhor política territorial e disponibilização de melhores dados territoriais.

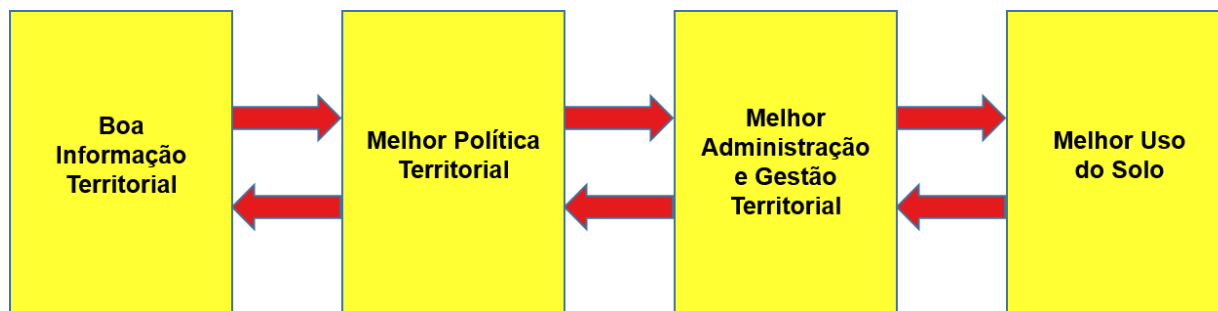


Figura 10 – Paradigma da administração territorial.
Fonte: Adaptado de Williamson (2001).

Segundo Törhönen (2004), os sistemas de administração territorial fornecem informações sobre o território e aumentam a legalidade ao implementar e monitorar a política territorial. Cabe destacar a necessidade de total comprometimento com a manutenção, modernização e atualização do sistema, para implementar um eficiente sistema de administração territorial (WILLIAMSON, 2001). Os componentes dos sistemas de administração territorial podem ser diferentes em cada jurisdição, mas prevalece relativo consenso sobre os seus ingredientes principais, nomeadamente cadastro ou mapa de parcelas e sistema de registro (WILLIAMSON, ENEMARK, WALLACE, & RAJABIFARD, 2010).

2.2.3. Os sistemas cadastrais e a regularização do território

As parcelas de terra fornecem as informações espaciais que representam os direitos, interesses, restrições e responsabilidades que as pessoas e a sociedade têm, em relação à terra. São parte importante dos sistemas financeiro, jurídico, agrário e imobiliário, de uma sociedade. A informação das parcelas de terra é utilizada por governos, setor privado e sociedade civil para auxiliar o processo de tomada de decisão em diversos serviços prestados à sociedade, como fornecimento de créditos, emissão de títulos de terra e gestão dos recursos naturais.

Espacialmente, a parcela de terra consiste em um ou mais polígonos fechados que geralmente são definidos pelas coordenadas geográficas, memorial descritivo⁶ e planta do imóvel. A precisão das coordenadas geográficas coletadas pode variar de acordo com o propósito das informações cadastradas. De um lado, a exigência de alta precisão posicional e a validação minuciosa dos dados aumenta a confiança na utilização das informações. Por outro lado, torna caro e lento o levantamento dos limites das parcelas que compõe o território. Processo oposto ocorre na exigência de baixa precisão posicional e pouca validação, onde a confiança na utilização dos dados é menor. No entanto, salienta-se que o levantamento dos limites das parcelas que compõe o território é menos custoso e ágil (FIG, 2014).

A precisão posicional das informações registradas nos sistemas de cadastro de terras deve ser estabelecida conforme os objetivos da política territorial. Dados referentes às restrições ao uso do solo tendem a exigir menor precisão que os dados referentes à posse da terra, uma vez que os dados de posse da terra impactam, de forma direta, o tamanho da propriedade e o seu valor. Ainda que os dados possuam precisão posicional diferente é importante que os padrões de interoperabilidade das informações sejam seguidos, possibilitando o relacionamento dos dados coletados.

O cadastro de terras, em termos gerais, denota o registro oficial de terras cujo bloco básico de construção é a parcela do terreno e seu identificador. Hoje em dia, os sistemas cadastrais modernos costumam ter múltiplos objetivos, sendo chamado

⁶ O memorial descritivo é um documento que descreve as coordenadas dos vértices que definem a parcela de terra, possibilitando a localização dos limites da propriedade.

de cadastro multifinalitário. Segundo a *International Federation of Surveyors* - FIG (1995), o cadastro pode ser definido como:

Um sistema de informações do território atualizado, baseado em parcelas, contendo um registro de interesses na terra (por exemplo, direitos, restrições e responsabilidades, e até mesmo riscos). Geralmente, inclui uma descrição geométrica das parcelas de terra vinculadas a outros registros que descrevem a natureza dos interesses, a propriedade ou controle dos interesses e, muitas vezes, o valor da parcela e suas melhorias. Um cadastro pode ser estabelecido para fins fiscais (avaliação e tributação equitativa), fins legais (transmissão de propriedade), para auxiliar na gestão territorial e uso do solo (planejamento e outros fins administrativos) e para facilitar o desenvolvimento sustentável e a melhoria ambiental (FIG, 1995, tradução nossa).⁷

Assim, o sistema cadastral é o inventário público, metodicamente organizado, de dados relativos as propriedades que incluem a interação entre parcelas de terra, registro de direitos de acesso à terra, uso do solo e seus recursos naturais, avaliação e tributação do imóvel e possível futuro uso do solo (ENEMARK, WILLIAMSON, & WALLACE, 2005). Neste sentido, sistemas cadastrais auxiliam a implementação do planejamento territorial, na gestão dos recursos naturais, na implementação da segurança jurídica da terra, na eficiência do mercado de terras e na coleta de tributos e impostos (Figura 11).

⁷ “...a parcel based, and up-to-date land information system containing a record of interests in land (e.g. rights, restrictions and responsibilities, and even risks). It usually includes a geometric description of land parcels linked to other records describing the nature of the interests, the ownership or control of those interests, and often the value of the parcel and its improvements. A cadastre may be established for fiscal purposes (valuation and equitable taxation), legal purposes (conveyance), to assist in the management of land and land use (planning and other administrative purposes), and to facilitate sustainable development and environmental improvement.” (FIG, 1995)

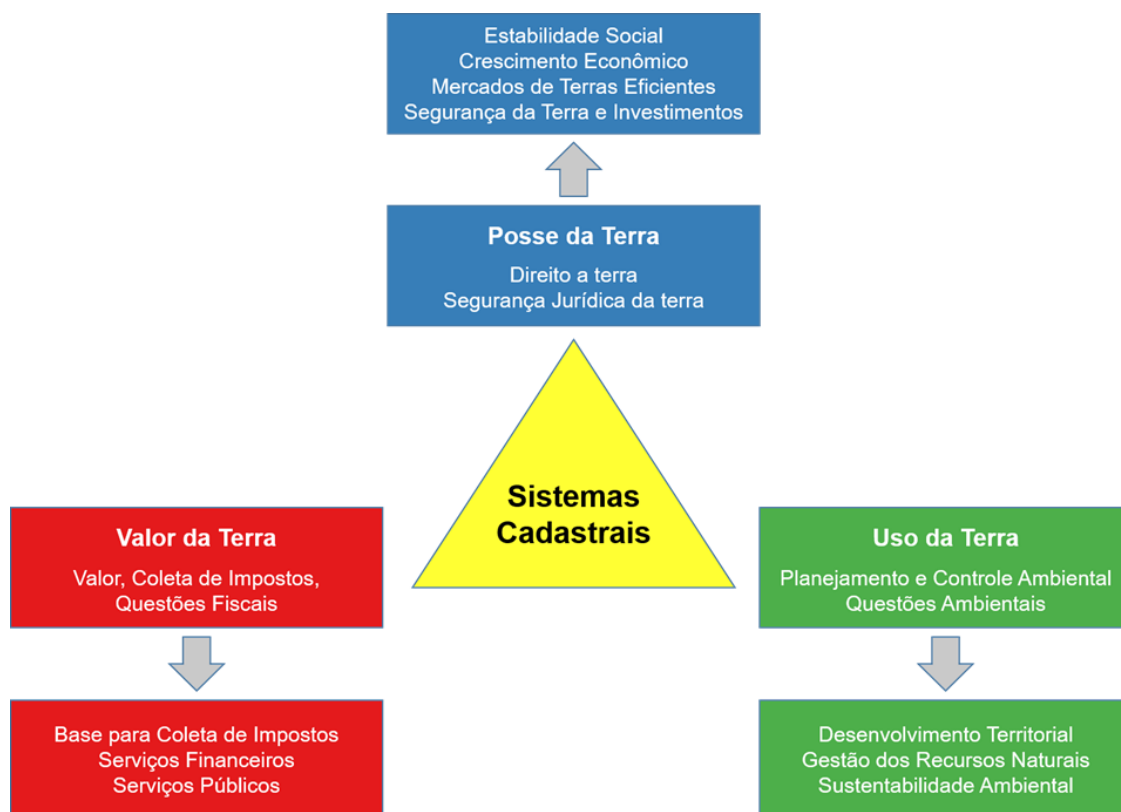


Figura 11 – Sistemas cadastrais facilitam a administração da Posse da Terra, Valor da Terra e Uso da Terra.

Fonte: Adaptado de Enemark, Williamson, & Wallace (2005).

Os sistemas cadastrais denominados Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) e Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), implementados no Brasil, tem o objetivo de atender diferentes propósitos. O SIGEF, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), auxilia na regularização fundiária dos imóveis rurais brasileiros (alta precisão posicional). Por outro lado, o SICAR gerido pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), auxilia na regularização ambiental destes imóveis (menor precisão posicional – declaratório).

2.2.4. A infraestrutura de dados espaciais (IDE) e a interoperabilidade de informações geográficas

Para melhorar o uso e a interoperabilidade de informações espaciais em seus territórios, países como Austrália, Alemanha, Argentina, Canadá, Colômbia, Chile e Brasil, estão implementando a infraestrutura de dados espaciais. A infraestrutura de dados espaciais pode ser definida como um conjunto dos padrões, tecnologias, políticas e acordos institucionais, com o objetivo de facilitar e ordenar a geração, o

armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso das informações geoespaciais (DA SILVA & JULIÃO, 2022). Em muitos países da América Latina, incluindo o Brasil, as políticas de gerenciamento de dados, acordos institucionais e integração de dados, são desafios importantes. Estes obstáculos impedem a harmonização, manutenção e integração de informações espaciais, que se traduzem em duplicação de esforços, no uso de diferentes padrões, na ausência de metadados, no desperdício de recursos, na dificuldade de interoperabilidade e no menor uso dos dados espaciais.

Dessa forma, é necessário valorizar o papel integrador que os dados espaciais possuem, permitindo integrar iniciativas, sistemas e serviços de governo, usando a localização como estrutura de referência comum e subjacente (UN-IGIF, 2023). Os dados espaciais são um componente crítico da infraestrutura nacional, que ajuda no planejamento territorial e fornece ampla variedade de serviços governamentais, os quais contribuem para o crescimento econômico, desenvolvimento do território e conservação ambiental.

Entre as principais barreiras para a implementação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, no Brasil, cabe destacar:

Inadequações dos dados geoespaciais: dados que frequentemente não existem, estão desatualizados ou incompletos; Ausência de metadados: a descrição dos dados geoespaciais disponíveis é frequentemente incompleta e não raro inexistente; Falta de uma cultura estabelecida de documentação de metadados entre os produtores oficiais de IG do Brasil; Conjuntos de dados geoespaciais incompatíveis: devido a escalas diferentes, referenciais geodésicos diferentes, produzidos a partir de insumos e/ou metodologias diversas; Incompatibilidade entre iniciativas (de IDEs) existentes as quais, via de regra, funcionam de forma isolada (falta de interoperabilidade de conteúdo e serviços); Falta de coordenação e de liderança quanto à política de IG; A resistência à mudança entre os atores da IDE é uma barreira clássica, que deve ser mitigada com a ajuda de um plano de divulgação suficientemente abrangente; Necessidade crucial de construção de capacidade nas áreas de: educação, formação, pesquisa e gestão (BRASIL, 2010).

As infraestruturas de dados espaciais (IDE) são as responsáveis por definir a organização de metadados, especificações de dados, serviços de compartilhamento de dados, serviços que utilizem dados espaciais, relatórios de monitoramento, entre

outros, visando organizar a coleta, manutenção, atualização e interoperabilidade das informações espaciais (BRASIL, 2010).

No Brasil, o Decreto Federal nº 6.666 de 2008, criou a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, a qual é definida como:

Conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (BRASIL, 2008).

A implementação das Infraestruturas de Dados Espaciais é fundamental para o uso de sistemas de informação geográfica no monitoramento ambiental e na gestão do território. A disponibilização de bancos de dados espaciais organizados, com metadados e especificações seguindo os padrões estabelecidos e de fácil acesso para os usuários, promove o uso dos dados espaciais para a tomada de decisão e prestação de serviços à sociedade.

2.2.5. Os sistemas de informação geográfica (SIG) e o monitoramento ambiental

Nos dias atuais, o uso de soluções tecnológicas que utilizam como base as informações espaciais do território tem fornecido à sociedade muito mais valor do que apenas mapas. Os dados territoriais são recursos essenciais para implementação de sistemas de administração territorial agregando valores econômicos, sociais e ambientais. Os benefícios associados deste uso se estendem aos governos, empresas e cidadãos, nos níveis regional, nacional, estadual, municipal e a pequenas comunidades.

Os principais benefícios na utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são o aumento de eficiência, a redução de custos, a melhor prestação de serviços, a transparência de informações, a automatização dos processos, a padronização de dados, a otimização de recursos, a verificação de inconsistências, a análise de indicadores e o auxílio no planejamento e implementação das políticas territoriais, com o objetivo de implementar a segurança jurídica da terra (emissão de títulos e fornecimento de créditos rurais). Além disso promovem eficientes

mercados de terras (arrecadação de impostos e tributos), uso sustentável do solo (ordenamento do território e gestão de recursos naturais) e desenvolvimento do território (emissão de licenças e planejamento territorial) (UN-IGIF, 2023; NUNES, 2013; RAJABIFARD, 2008).

Segundo Kumar et al. (2006), SIG é um sistema de *software* que tira proveito do desenvolvimento de tecnologias, para melhorar as ferramentas de monitoramento ambiental. É um sistema de informação, baseado em computador, que permite captura, modelagem, manipulação, recuperação, consulta, análise e exibição de informação geograficamente referenciada (CÂMARA, 1995). Cabe ressaltar que o compartilhamento e a interoperabilidade dos dados espaciais são elementos importantes dos sistemas de informação geográfica (KUMAR, et al., 2006).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) ou Geographical Information Systems (GIS) são um sistema que se baseia na interação entre software (programa computacional), hardware (equipamentos), pessoas e informações espaciais, as quais ficam armazenadas em um banco de dados. São sistemas interativos baseados em “[...] estruturas de programação que permitem a captura, o armazenamento e atualizações dos dados, sua exibição e, acima de tudo, análises e integrações de dados ambientais” (SILVA, 1997, p. 8) (LADWIG & CAMPOS, 2020, p. 24).

Assim, o SIG é fundamental para a implementação da boa gestão territorial e monitoramento ambiental, uma vez que permitem gerar, organizar e sistematizar informações geográficas sobre a sociedade e o espaço que está inserida. Em SIG, processos e eventos ambientais que ocorrem em um território podem ser sistematizados em planos de informação e organizados de acordo com as situações no tempo, passado e presente (LADWIG & CAMPOS, 2020).

A partir de sucessivas sistematizações destes processos e eventos ambientais, é possível compreender os processos de apropriação e transformação da paisagem (Figura 12). Com os processos e eventos ambientais sobrepostos, é possível fazer a interface entre o sistema de informação geográfica e monitoramento ambiental, de maneira que novas informações e simulações no tempo futuro sejam agregadas ao processo de planejamento e gestão do território. A interoperabilidade dos dados, a automatização de processos, o auxílio no processo de tomada de decisão e prestação

de serviços à sociedade estão entre as principais características do uso do SIG para o monitoramento ambiental.

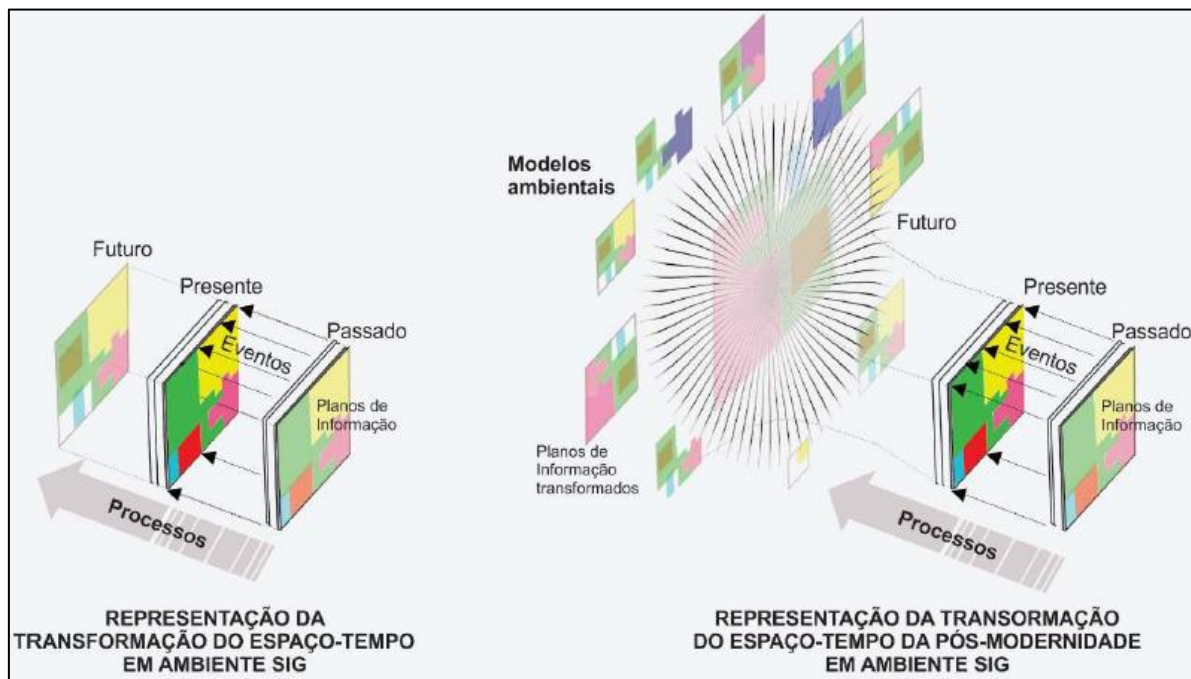


Figura 12 – Esquema do ambiente, como sistema, organizado e sistematizado em SIG.

Fonte: Valentini (2020).

A Figura 12 demonstra os processos (sistemas de ações) atuando através de eventos nos planos de informação (sistema de objetos), a partir da correlação entre espaço e tempo. O mosaico definido pela correlação espaço-tempo através de SIG, conforma bem a representação da paisagem, enquanto tendências de ressignificação da paisagem, na representação Pós-Moderna se configuram com vistas à elaboração de feições que apresentam n probabilidades (VALENTINI, 2020).

O uso de SIG no monitoramento ambiental dos imóveis rurais brasileiros é fundamental para a implementação da regularização ambiental através do Cadastro Ambiental Rural (CAR). A seguir (subseção 2.3) é demonstrada a importância do conceito de espaço na implementação da regularização ambiental e do CAR.

2.3. A política de regularização ambiental de imóveis rurais brasileiros à luz da Geografia

A presente seção tem objetivo de analisar o programa CAR à luz da Geografia e de alguns de seus conceitos-chave. Tais conceitos, em especial, o conceito de

espaço, possuem um papel central na implementação da regularização ambiental de imóveis rurais e na política ambiental do Brasil, principalmente no que diz respeito ao Código Florestal de 2012.

2.3.1. A importância da dimensão espacial na regularização ambiental

Na história do pensamento geográfico, o espaço foi abordado com diferentes interpretações. No início do século XX, alguns pesquisadores abordavam o conceito de espaço como espaço hodológico, ou seja, reduzido a um espaço aberto, o qual é produzido via ofertas de caminhos (SANTOS, 2006). Com o tempo, o conceito de espaço foi ganhando importância e magnitude, e hoje aparece como um conceito chave da geografia, possuindo papel central para a implementação e monitoramento das políticas territoriais, como por exemplo, a regularização da terra (ambiental, fundiária e fiscal).

Com as discussões globais sobre a necessidade de preservação dos recursos naturais e de implementação do desenvolvimento sustentável, o conceito de espaço emerge como referência importante para o planejamento das políticas territoriais e estratégias de desenvolvimento. Áreas ainda alheias a importância do conceito de espaço para a formulação, implementação e monitoramento de políticas territoriais, deverão passar a incorporá-lo cada vez mais. De acordo com Theis e Galvão (2012), se a dimensão espacial for trazida para um plano mais destacado, a implementação de políticas públicas territoriais poderá lograr maior efetividade, pois as estratégias de desenvolvimento, informadas pela espacialidade dos problemas, favorecem uma melhor tomada de decisão.

Hoje, as tecnologias relacionadas a questão espacial evoluíram tanto que é usado o termo “sociedade espacialmente habilitada”. Nas sociedades espacialmente habilitadas, a informação espacial é considerada um bem comum, disponibilizada aos seus cidadãos, governos e empresas (RAJABIFARD, 2008). O maior uso de informações espaciais e a transparência de dados, auxiliam o processo de tomada decisão e a prestação de serviços à sociedade, resultando em uma maior efetividade na implementação de políticas territoriais (ENEMARK, WILLIAMSON, & WALLACE, 2005).

O espaço é formado por um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações, os quais interagem (SANTOS M. , 2006). Os sistemas de objetos

condicionam a forma como se dão as ações enquanto o sistema de ações cria novos objetos ou se realiza sobre os objetos preexistentes (Ibid.).

Segundo Santos (2006), os períodos históricos se afirmam com um elenco de técnicas que o caracterizam, as quais geram família correspondente de objetos. Assim, um novo sistema de objetos responde ao surgimento de cada novo sistema de técnicas. Novas técnicas envolvendo o uso de informações espaciais para o monitoramento ambiental e gestão territorial, tem resultado na implementação da regularização do território, em seus diversos aspectos (fundiária, ambiental, fiscal, entre outros), contribuindo para a implementação do desenvolvimento sustentável e para a conservação e geração de novas formas-objeto, na paisagem rural brasileira.

No Brasil, o programa de regularização ambiental do CAR, tem objetivo de implementar as restrições ao uso do solo, estabelecidas pelo Código Florestal de 2012. As áreas que devem ter o uso do solo restrito, nos imóveis rurais brasileiros, são as áreas de preservação permanente, reservas legais e remanescentes florestais (Figura 13). A conservação da cobertura florestal, nas áreas mencionadas acima, vem contribuindo para manutenção de formas-objetos da paisagem rural brasileira, as quais tem objetivo de conservar o ambiente e seus recursos naturais, formando verdadeiros corredores ecológicos de biodiversidade.



Figura 13 – Exemplo de uma Propriedade “Legal”, segundo o Código Florestal de 2012.
Fonte: (IDAM, 2023).

Assim, o programa CAR, tem potencial de ser uma das principais ferramentas para análise das transformações nos imóveis rurais brasileiros, contribuindo para a análise do uso sustentável do solo, no Brasil. As informações espaciais registradas no CAR possibilitam análise de transformações ocorridas nas condições ambientais dos imóveis rurais ao longo do tempo. Os imóveis rurais que estiverem de acordo com o Código Florestal de 2012 ou que possuem termo de compromisso ambiental assinado, se comprometendo a restaurar os danos causados, recebem o certificado de regularização ambiental.

2.4. O programa Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a implementação da regularização ambiental nos imóveis rurais brasileiros

No Brasil, cerca de 53% das áreas de vegetação nativa estão localizadas em propriedades privadas. Essas áreas de vegetação nativa desempenham papel vital na manutenção de uma ampla variedade de serviços ecossistêmicos. Dessa forma, a gestão destas áreas de vegetação nativa, em propriedades privadas, é fundamental para que esforços globais de combate ao desmatamento e mitigação das mudanças climáticas sejam bem-sucedidos (SOARES-FILHO, et al., 2014).

Com objetivo de melhorar o monitoramento e gestão destas áreas estratégicas, o Código Florestal Brasileiro de 2012 estipulou, em seu artigo nº 29, a criação do Cadastro Ambiental Rural. A inscrição no programa Cadastro Ambiental Rural é obrigatória para todos os imóveis rurais que estejam situados em território nacional. O programa tem objetivo de promover a identificação e integração das informações ambientais dos imóveis rurais brasileiros, buscando o combate ao desmatamento, a conservação ambiental e a regularização ambiental (BRASIL, 2012).

Os principais fatores que direcionam o CAR são a política ambiental (leis, decretos e normas), o quadro institucional responsável por implementar a política ambiental e o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR). A política ambiental estabelece as áreas com uso restrito e cria o CAR para implementar as restrições ao uso do solo e a regularização ambiental, dos imóveis rurais brasileiros. O quadro institucional responsável pela implementação do CAR é composto por órgãos das esferas federal, estadual e municipal. O SICAR, é responsável pela

coleta, gestão, armazenamento, atualização e compartilhamento das informações do programa CAR.

Os fatores que direcionam o CAR se relacionam e são interdependentes. Isto significa que uma boa política ambiental para implementar o CAR, um eficiente quadro institucional e um bom SIG para a gestão dos dados espaciais (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural), resultam no bom desempenho do programa CAR. Da mesma forma, dificuldades em qualquer um dos fatores mencionados, impacta diretamente o desempenho do referido programa conforme explicitado na Figura 14.

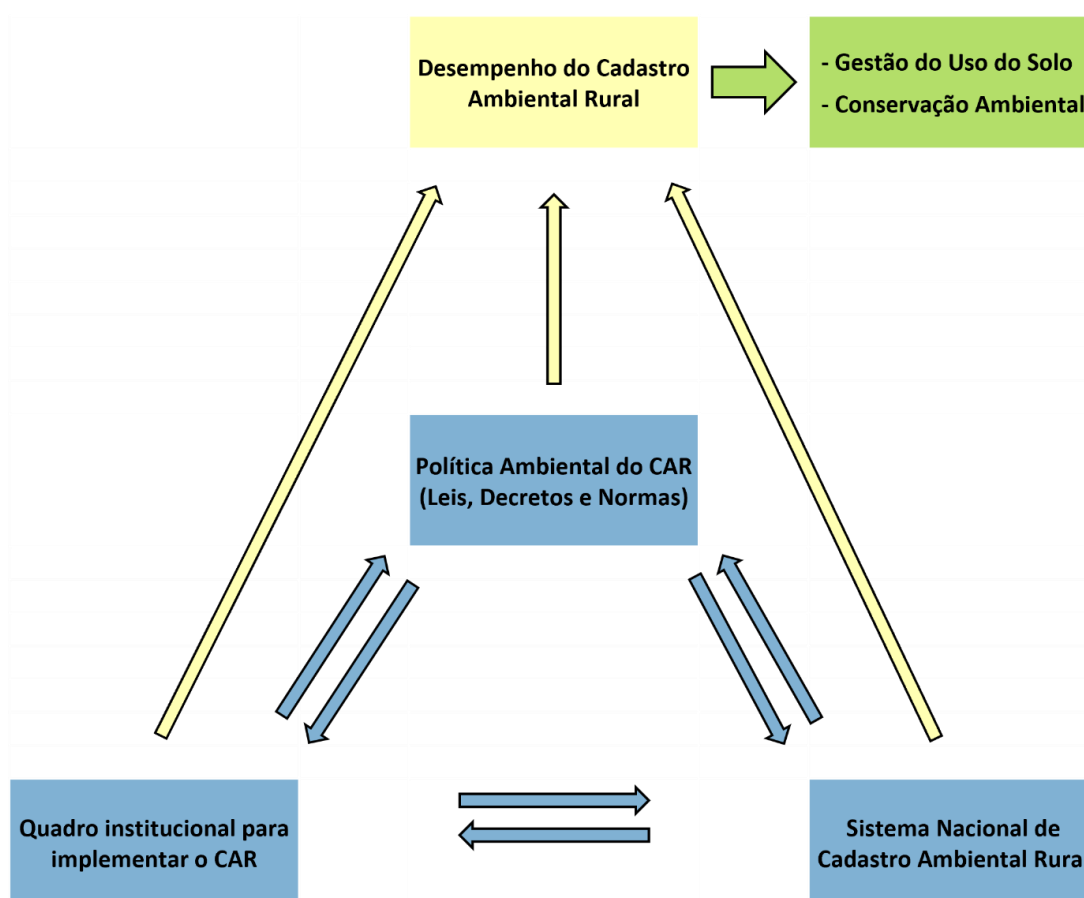


Figura 14 – Principais fatores que influenciam o desempenho do programa Cadastro Ambiental Rural.

Fonte: Elaboração própria

Com isso, os principais fatores que influenciam o CAR (política ambiental, quadro institucional e SICAR) são fundamentais para a gestão das restrições ao uso do solo e conservação ambiental dos imóveis rurais brasileiros

2.4.1. A política ambiental brasileira e o programa Cadastro Ambiental Rural (CAR)

As principais leis, decretos e normas que regulamentam os procedimentos da regularização ambiental, no Brasil, são a Lei Federal nº 12.651 de 2012 (responsável por regulamentar o Código Florestal Brasileiro), o Decreto Federal nº 7.830 de 2012 (responsável por criar o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural) e o Decreto Federal nº 8.235 de 2014 (responsável por estabelecer as normas complementares para adesão aos Programas de Regularização Ambiental (PRA) dos estados).

O Código Florestal Brasileiro estabelece as normas gerais sobre a proteção dos remanescentes florestais, áreas de preservação permanente e áreas de reserva legal. Além disso, no artigo 29, o Código Florestal cria o CAR, definido como registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais brasileiros, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

Em relação as áreas que devem ter o uso restrito, Skorupa (2003) coloca que as APP são áreas frágeis e estratégicas para a conservação dos recursos naturais, e por isso, são fundamentais para a conservação de um ambiente equilibrado. As Áreas de Reserva Legal, são áreas complementares para a preservação da biodiversidade brasileira. Nessas áreas, o uso econômico é permitido desde que a área possua 50% de espécies nativas, e essas atividades não comprometam sua conservação. As florestas remanescentes são áreas de vegetação nativa, primária ou secundária, situadas no território nacional (SILVA, et al., 2012).

Com objetivo de avançar na criação e implementação do CAR foi instituído, pelo governo brasileiro, o Decreto Federal nº 7.830 de 2012. O Decreto dispõe sobre o SICAR, sobre o CAR e estabelece as normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental (BRASIL, 2012). Este Sistema é definido como “sistema eletrônico de âmbito nacional destinado ao gerenciamento de informações ambientais dos imóveis rurais” (BRASIL, 2012). De acordo com o Decreto Federal nº 7.830 de 2012, o SICAR visa:

I - receber, gerenciar e integrar os dados do CAR de todos os entes federativos; II - cadastrar e controlar as informações dos imóveis rurais, referentes a seu perímetro e localização, aos remanescentes de vegetação nativa, às áreas de interesse social, às áreas de utilidade pública, às Áreas de Preservação Permanente, às Áreas de Uso Restrito, às áreas consolidadas e às Reservas Legais; III - monitorar a manutenção, a recomposição, a regeneração, a compensação e a supressão da vegetação nativa e da cobertura vegetal nas áreas de Preservação Permanente, de Uso Restrito, e de Reserva Legal, no interior dos imóveis rurais; IV - promover o planejamento ambiental e econômico do uso do solo e conservação ambiental no território nacional; e V - disponibilizar informações de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional, na Internet (BRASIL, 2012).

As informações cadastradas no SICAR são declaratórias, sem a exigência de comprovação dos dados via documentos, mapas, entre outros. No entanto, caso as informações declaradas sejam enganosas ou falsas, o declarante poderá incorrer em sanções penais e administrativas. Caso as informações apresentem pendências ou inconsistências, o requerente será notificado pelo órgão ambiental responsável para realizar as adequações necessárias.

O PRA, por sua vez, é definido como o conjunto de ações e iniciativas a serem desenvolvidas, por proprietários e posseiros rurais, com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental dos imóveis rurais. Após a inscrição do imóvel rural no CAR, os proprietários e possuidores de imóveis rurais com passivo ambiental relativo às áreas de preservação permanente, reserva legal e uso restrito, poderão proceder à regularização ambiental mediante a adesão aos Programas de Regularização Ambiental e a assinatura dos Termos de Compromisso Ambiental.

Após a adesão do interessado ao PRA, e enquanto estiver sendo cumprido o termo de compromisso, o proprietário ou possuidor não poderá ser autuado pelas infrações cometidas antes de 22 de julho de 2008, relativas à supressão irregular de vegetação em Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de uso restrito. A partir da assinatura do termo de compromisso ambiental (TCA) serão suspensas as sanções decorrentes das infrações mencionadas acima, e cumpridas as obrigações estabelecidas no PRA ou no termo de compromisso para a regularização ambiental. As multas decorrentes das infrações referidas serão consideradas como convertidas em serviços para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade do ambiente, regularizando o uso das áreas rurais consolidadas, conforme definido no PRA. Em

casos de não cumprimento dos termos de compromisso ambiental firmados, serão aplicadas as sanções previstas no PRA (BRASIL, 2012).

Visando estabelecer normas complementares aos PRA, o governo brasileiro instituiu o Decreto Federal nº 8.235 de 2014, observados os seguintes requisitos (BRASIL, 2014):

I - termo de compromisso, com eficácia de título executivo extrajudicial; II - mecanismos de controle e acompanhamento da recomposição, recuperação, regeneração ou compensação e de integração das informações no Sicar; e III - mecanismos de acompanhamento da suspensão e extinção da punibilidade das infrações de que tratam o § 4º do art. 59 e o art. 60 da Lei nº 12.651, de 2012, que incluam informações sobre o cumprimento das obrigações firmadas para a suspensão e o encerramento dos processos administrativo e criminal (BRASIL, 2014).

Os termos de compromisso ambiental devem conter o nome de representantes legais, os dados da propriedade ou posse rural, a localização da área de preservação permanente, da reserva legal ou da área de uso restrito a ser recomposta, proposta simplificada que vise à recuperação das áreas, cronograma de execução das ações, multas que poderão ser aplicadas pelo não cumprimento das obrigações pactuadas e foro competente para dirimir litígios entre as partes (Ibid.).

Além das normas complementares ao programa de regularização ambiental (PRA), o Decreto Federal nº 8.235 instituiu o Programa Mais Ambiente Brasil, com o objetivo de apoiar, articular e integrar os Programas de Regularização Ambiental. O Programa é composto por ações de apoio à regularização ambiental dos imóveis rurais, auxiliando nos temas de educação ambiental, assistência técnica e extensão rural, produção e distribuição de sementes e mudas e capacitação nos processos de regularização ambiental (gestores públicos).⁸

Estas são as principais leis, decretos e normas estabelecidas, em nível federal, com objetivo de implementar o CAR, no Brasil. A imposição destas normas visa implementar o uso sustentável do solo, nos imóveis rurais brasileiros. Em seguida (subseção 2.4.2), é apresentado o quadro institucional responsável por implementar as funções de administração da terra, necessárias para o bom funcionamento do programa CAR.

⁸ O Programa Mais Ambiente Brasil é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil (BRASIL, 2014).

2.4.2. O quadro institucional responsável pela administração da terra, no programa CAR

O quadro institucional responsável por realizar as funções da administração territorial, no programa Cadastro Ambiental Rural, foi alterado diversas vezes nos últimos anos. O programa que iniciou sob gestão do Ministério do Meio Ambiente (2012) foi transferido para o Ministério da Agricultura e Pecuária (2019 - 2022), voltou ao Ministério do Meio Ambiente (2023) e, em junho de 2023, foi transferido para o Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. Estas mudanças nas instituições federais responsáveis pela administração do CAR são prejudiciais à execução e continuidade dos planejamentos estabelecidos.

De acordo com Decreto nº 11.731 de 2023 (BRASIL, 2023), o Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos passa a ter em sua estrutura a Diretoria do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Dentre as competências da Diretoria do CAR estão a gestão do cadastro em âmbito federal, a adoção de medidas administrativas, técnicas e tecnológicas necessárias ao acesso e transparência dos dados públicos do CAR e a integração das informações do CAR com outras bases de dados oficiais, em articulação com o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). A mudança de ministérios ainda é recente, sendo necessário maior clareza sobre a articulação entre o Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e Serviço Florestal Brasileiro.

No âmbito estadual, os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMAs) têm a função de realizar a inscrição dos imóveis rurais no CAR (BRASIL, 2012). Além da inscrição dos imóveis no CAR, as OEMAs têm a responsabilidade de realizar a análise dos dados declarados para identificar se os imóveis rurais possuem ou não passivos ambientais (CNMP, 2022). Após análise e validação dos dados declarados no CAR, as OEMAs implementam o Programa de Regularização Ambiental (PRA), o qual visa realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros (CHIAVARI, LOPES, & ARAUJO, 2021).

No âmbito municipal, os Órgãos Municipais de Meio Ambiente (OMMA) têm as funções de realizar a inscrição de imóveis rurais no CAR e análise dos dados cadastrados. No entanto, poucos municípios possuem profissionais com capacidade técnica para realizar estas tarefas. O estado do Pará, por exemplo, implementou a municipalização da análise permitindo que municípios que possuem mais de 70%

de área cadastrável no CAR e equipe técnica capacitada em geoprocessamento, possam realizar a etapa de análise dos cadastros (CHIAVARI, LOPES, & ARAUJO, 2021).

É importante ressaltar o papel de organizações da sociedade civil no programa CAR, auxiliando no diálogo, engajamento, e mobilização dos proprietários rurais, estabelecendo parcerias com os órgãos governamentais e contribuindo em ações de promoção da regularização ambiental.

2.4.3. O Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)

O SICAR é o SIG utilizado para realizar o registro, a implementação e o monitoramento do CAR no Brasil. Segundo o Decreto Federal nº 7.830 (BRASIL, 2012), o SICAR é definido como sistema eletrônico de âmbito nacional destinado ao gerenciamento de dados ambientais dos imóveis rurais. No SICAR, a localização e monitoramento das restrições ao uso do solo, que foram estabelecidas pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651 de 2012), são baseadas nos ingredientes principais dos modernos sistemas de administração de terras, sendo eles o cadastro (mapa de parcelas) e sistemas de registro.

Segundo Pires (2013), para que o Código Florestal fosse implementado de forma eficiente, foi necessário investir em novas ferramentas e abordagens. Deste modo, a utilização de sistemas de informação geográfica para a localização e análise das condições ambientais em propriedades rurais foi fundamental para permitir o diagnóstico de quais propriedades estavam cumprindo o Código Florestal de 2012. As propriedades que não se encontram de acordo com a lei ambiental devem assinar um termo de compromisso ambiental para restauração dos ilícitos ambientais, sendo monitoradas por um período de 10 anos.

As inovações deste sistema consistem em aliar ferramentas geotecnológicas (georreferenciamento de propriedades rurais, imagens de satélite, banco de dados geográfico, entre outros) aos fins da fiscalização ambiental, apresentando uma foto digital do imóvel rural e suas áreas de uso restrito. Além da fiscalização ambiental, este sistema também é útil para outras finalidades, como a gestão do valor da terra, a concessão de créditos agrícolas e a gestão fundiária, (PIRES, 2013). Entende-se,

portanto, que o uso de técnicas utilizando os SIG, para a fiscalização ambiental, promove o desenvolvimento sustentável e auxilia na gestão do território e implementação do uso sustentável do solo.

Quando do entendimento do registro da propriedade no CAR, salienta-se que a primeira etapa consiste em acessar a página do SICAR e selecionar a Unidade da Federação (UF) em que se localiza o imóvel rural. Após a seleção da UF, o usuário será direcionado a uma página da *web* para baixar o módulo de cadastro do SICAR.

Com o módulo de cadastro do SICAR instalado no computador, é permitido realizar o registro das informações dos imóveis rurais brasileiros (Figura 15).



Figura 15 – Tela inicial do módulo de cadastro do SICAR.

Fonte: Brasil (2016).

Segundo Brasil (2016), o sistema permite cinco funcionalidades principais, são elas:

- Baixar imagens: permite obter imagens de satélite de um município;
- Cadastrar: permite o cadastro de imóveis e visualização dos mesmos;
- Gravar para envio: permite gravar os cadastros de imóveis gerando arquivos (.car) para envio e visualizar os cadastros que já foram gravados;
- Enviar: permite enviar os arquivos (.car) de imóveis cadastrados e gravados.
- Retificar: permite realizar a retificação de um cadastro de imóvel finalizado.

Para baixar as imagens de satélite que serão utilizadas para realizar o registro no CAR, o usuário deve escolher a UF e o município que deseja obter os dados. As

imagens utilizadas para georreferenciar os limites das propriedades e características ambientais no SICAR foram obtidas pela rede de satélites Rapideye⁹, sendo as mesmas relativas ao ano de 2011 (com uma resolução espacial de cinco metros e cobertura de todo o território nacional) (PIRES & ORTEGA, 2013). Como os proprietários ou possuidores não podem ser autuados por infrações cometidas antes de 22 de julho de 2008, a utilização de imagens de 2011 gera problemas no processo de localização de áreas rurais consolidadas, as quais devem ser monitoradas desde 2008 segundo o Código Florestal de 2012.

Na opção “Cadastrar”, o usuário realiza o registro das informações do imóvel rural, no SICAR. O usuário deve informar se o registro é de um imóvel rural, imóvel rural de povos e comunidades tradicionais ou imóvel rural de assentamentos da reforma agrária. Ao selecionar a opção desejada é iniciado o cadastro do imóvel rural (BRASIL, 2016).

As informações que devem ser registradas no programa CAR são os dados do cadastrante, dados do imóvel, dados de domínio do imóvel, documentação do imóvel, dados geográficos do imóvel (área do imóvel, cobertura do solo, servidão administrativa, áreas de preservação permanente e uso restrito, e áreas de reserva legal) e informações do imóvel (questionário ao usuário para que sejam fornecidas algumas informações específicas sobre o imóvel) (Figura 16).

⁹ Segundo o Contrato Administrativo do MMA nº 30 de 2012 (BRASIL, 2012), as imagens que foram obtidas pela rede de satélites Rapideye possuem as seguintes características e especificações técnicas: Resolução espacial melhor ou igual a 2,5 metros na banda pancromática, 10 metros para as bandas multiespectrais e 6,5 metros em cada uma das quatro bandas (não fusionadas); Resolução espectral com no mínimo 4 bandas multiespectrais; Resolução radiométrica melhor ou igual a 10 bits; Resolução do pixel igual a 5 metros em cada banda; Ortoretilicadas com precisão planimétrica compatível com a escala de 1:50.000 no Sistema de Coordenadas SIRGAS2000 e projeção UTM.

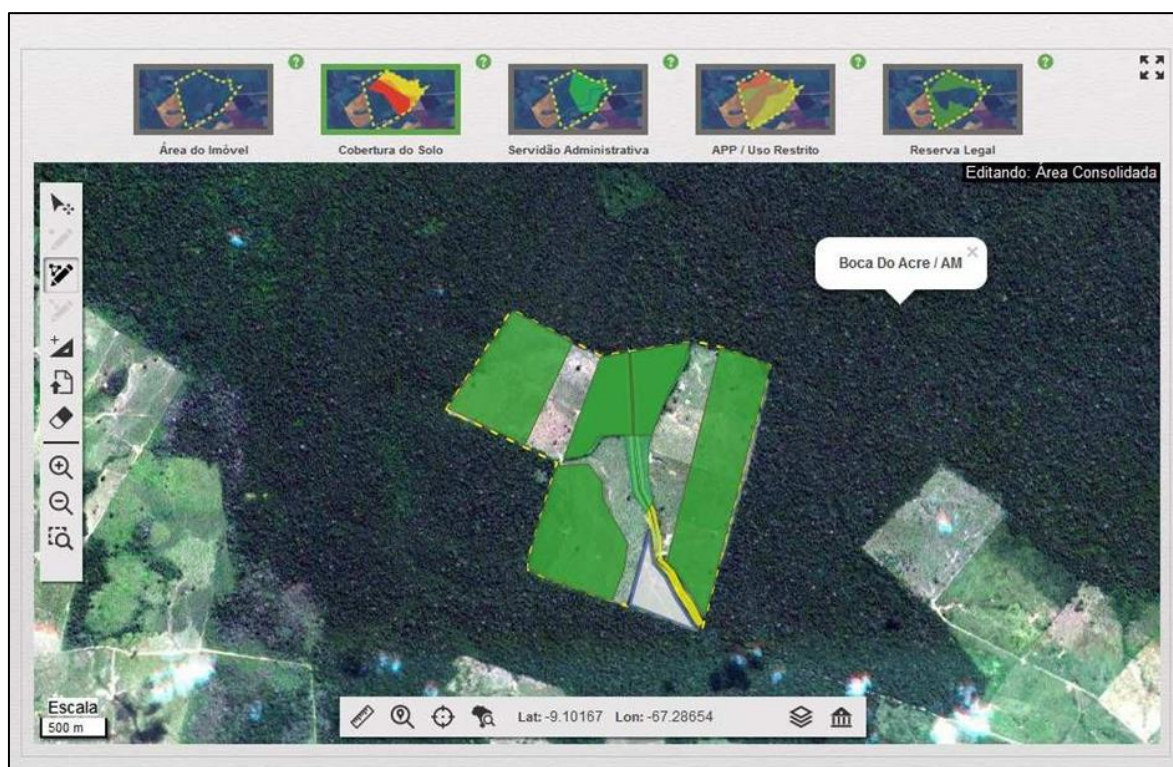


Figura 16 – Tela de registro dos dados geográficos, no SICAR.
Fonte: Brasil (2016).

Após o registro das informações no módulo de cadastro, o usuário deve enviar os dados registrados através da funcionalidade “Enviar”. Caso os dados registrados precisem ser retificados, o módulo de cadastro disponibiliza a funcionalidade de “Retificar”. Para comprovar o envio das informações dos imóveis rurais, o SICAR disponibiliza o recibo de inscrição no CAR (BRASIL, 2016), contendo os dados do imóvel e do registro realizado (Figura 17).



RECIBO DE INSCRIÇÃO DO IMÓVEL RURAL NO CAR

Registro no CAR:	Data de Cadastro:
------------------	-------------------

RECIBO DE INSCRIÇÃO DO IMÓVEL RURAL NO CAR

Nome do Imóvel Rural:		
Município:	UF: Pernambuco	
Coordenadas Geográficas do Centróide do Imóvel Rural:	Latitude:	Longitude:
Área Total (ha) do Imóvel Rural:	Módulos Fiscais:	
Código do Protocolo:		

INFORMAÇÕES GERAIS

1. Este documento garante o cumprimento do disposto nos § 2º do art. 14 e § 3º do art. 29 da Lei nº 12.651, de 2012, e se constitui em instrumento suficiente para atender ao disposto no art. 78-A da referida lei;
2. O presente documento representa a confirmação de que foi realizada a declaração do imóvel rural no Cadastro Ambiental Rural-CAR e que está sujeito à validação pelo órgão competente;
3. As informações prestadas no CAR são de caráter declaratório;
4. Os documentos, especialmente os de caráter pessoal ou dominial, são de responsabilidade do proprietário ou possuidor rural declarante, que ficarão sujeitos às penas previstas no art. 299, do Código Penal (Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de setembro de 1940) e no art. 69-A da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998;
5. O demonstrativo da situação das informações declaradas no CAR, relativas às áreas de Preservação Permanente, de uso restrito e de Reserva Legal poderá ser acompanhado no sítio eletrônico www.car.gov.br;
6. Esta inscrição do imóvel rural no CAR poderá ser suspensa ou cancelada, a qualquer tempo, em função do não atendimento de notificações de pendência ou inconsistências detectadas pelo órgão competente nos prazos concedidos ou por motivo de irregularidades constatadas;
7. Este documento não substitui qualquer licença ou autorização ambiental para exploração florestal ou supressão de vegetação, como também não dispensa as autorizações necessárias ao exercício da atividade econômica no imóvel rural;
8. A inscrição do imóvel rural no CAR não será considerada título para fins de reconhecimento de direito de propriedade ou posse; e
9. O declarante assume plena responsabilidade ambiental sobre o imóvel rural declarado em seu nome, sem prejuízo de responsabilização por danos ambientais em área contígua, posteriormente comprovada como de sua propriedade ou posse.

Figura 17 – Exemplo de recibo de inscrição do programa Cadastro Ambiental Rural.
Fonte: Governo de Pernambuco (2023).

Com o imóvel inscrito no programa CAR é iniciado o processo de análise das informações declaradas. Caso o imóvel necessite de ações para sanar os passivos ambientais e se adequar a legislação ambiental vigente, o proprietário pode aderir ao PRA do CAR.

2.4.4. O Programa de Regularização Ambiental (PRA) de imóveis rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural

Como mencionado anteriormente, o PRA é um programa que tem o objetivo de adequar os imóveis rurais aos termos estabelecidos no Código Florestal, mediante recuperação, recomposição, regeneração ou compensação das áreas que tiveram a supressão irregular de vegetação nativa, anterior a 22 de julho de 2008. Segundo o Decreto Federal nº 7.830 de 2012, o PRA é definido como o conjunto de ações ou iniciativas a serem desenvolvidas, por proprietários e posseiros rurais, com o objetivo de adequar e promover a regularização ambiental dos imóveis rurais. O Decreto Federal nº 8.235 de 2014, estabelece normas gerais complementares aos


Programas de Regularização Ambiental (termos de compromisso, mecanismos de controle da recomposição de áreas degradadas e mecanismos de acompanhamento da suspensão e extinção da punibilidade das infrações). No entanto, cada estado deve estabelecer suas normas de caráter específico, em razão de suas peculiaridades sociais, territoriais, climáticas, históricas, ambientais, culturais e econômicas.

A partir da inscrição no programa CAR e da constatação de áreas de passivo ambiental, o proprietário pode solicitar imediatamente a adesão ao PRA. A adesão implica na assinatura de um termo de compromisso de regularização das áreas degradadas, suspendendo a exequibilidade das multas anteriores a 22 de julho de 2008. Caso seja constatada a inadimplência do termo firmado, será estabelecido processo administrativo que instruirá ação judicial, para se ver cumprido os ajustes assumidos pelo proprietário (MACHADO & SALEME, 2017). Entretanto, se constatada alguma irregularidade no imóvel rural, sem adesão ao PRA pelo proprietário, o mesmo será submetido a normas mais rígidas, que incluem a ampliação da área a ser recuperada e a perda de benefícios previstos no PRA, como suspensão do pagamento de multas e da responsabilização civil e criminal pelos danos causados.

Destaca-se, entretanto, alguns avanços em legislações estaduais. Um exemplo pode ser vinculado a Lei do Estado de São Paulo nº 15.684 (SÃO PAULO, 2015), que exige o cronograma com a descrição detalhada do objeto e a de execução e de implantação de obras e serviços exigidos com metas bianuais. A homologação deve ocorrer após 12 meses contados do protocolo do Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas. Este projeto, que pode ter prazo de até 20 anos conforme a norma, é considerado a confissão irrevogável e irretratável dos fatos e situações nele contidos podendo, no caso de inadimplência, e não havendo a possibilidade de regularização, acarretar o ajuizamento da ação judicial cabível (Ibid.).

No Estado do Acre, por sua vez, a Lei Estadual nº 3.349 de 2017 (ACRE, 2017), institui o PRA de propriedades e posses rurais, no âmbito do Estado do Acre, dispondo sobre instrumentos do PRA, adesão ao PRA, análise do CAR, métodos de regularização ambiental, monitoramento do PRA e incentivos a regularização ambiental. O Decreto Estadual nº 9.025 de 2018 (ACRE, 2018) regulamenta a Lei Estadual nº 3.349 e dá outras providências, como as etapas necessárias para adesão ao PRA, as informações necessárias para assinar os termos de compromisso

ambiental (TCA) e os métodos para a recomposição das infrações ambientais. A Figura 18 apresenta um exemplo de termo de compromisso ambiental do Programa de Regularização Ambiental.



GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

[Ver no Diário Oficial](#)

PORTARIA Nº 508, DE 07 DE MAIO DE 2015
DOE Nº 32881, DE 08/05/2015

ANEXO ÚNICO

GABINETE DO SECRETÁRIO
TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL - TCA

TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL - TCA CELEBRADO ENTRE A SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE - SEMAS/PA E O SENHOR _____, PARA A LIBERAÇÃO DA LICENÇA AMBIENTAL RURAL - LAR NO _____, E CERTIFICADO DE LIBERAÇÃO DE CRÉDITO DE REPOSIÇÃO FLORESTAL - CLCRF. A SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE - SEMAS/PA, pessoa jurídica de direito público da administração direta, inscrita no CNPJ sob nº 34.921.783/0001/68, com sede na Tv. Lomas Valentinas, nº 2717, CEP 66.095-770, Belém-PA, neste ato, representada por seu Secretário Adjunto, THALES SAMUEL MATOS BELO, brasileiro, solteiro, portador da cédula de identidade nº 5259014, inscrito no CPF sob o nº 885.798.082-00, residente e domiciliado em Belém, Estado do Pará, doravante denominada COMPROMITENTE e, de outro lado, (nome completo) _____, (nacionalidade) _____, (estado civil) _____, (profissão) _____, portador (a) da cédula de identidade nº _____, inscrito(a) no CPF sob no _____, residente e domiciliado(a) em _____, (endereço completo com CEP), (município) _____, Estado do Pará, doravante denominado(a) COMPROMISSÁRIO(A), nos termos a seguir expostos: (Pode ser Pessoa Física ou Jurídica)

CONSIDERANDO o Parecer nº 060 de 10 de março de 2015, de lavra da Procuradoria Geral do Estado do Pará, o qual dispõe sobre a concessão da Licença Ambiental Rural-LAR, referente à atividade agrossilvopastoril realizada em áreas degradadas e consolidadas antes de 22 de julho de 2008, sem autorização de supressão, mediante prévia assinatura deste Termo de Compromisso Ambiental - TCA;

CONSIDERANDO a necessidade de o COMPROMISSÁRIO possuir Cadastro Ambiental Rural - CAR, aprovado pelo órgão ambiental competente, do imóvel em que se pretende realizar ou regularizar a atividade rural, ou obter Certificado de Liberação de Crédito de Reposição Florestal - CLCRF;

CONSIDERANDO a ocorrência do desmatamento antes de 22 de julho de 2008 na área do imóvel;

RESOLVEM: Firmar o presente TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL - TCA, necessário para a expedição de Certificado de Liberação de Crédito de Reposição Florestal - CLCRF vinculada a Licença de Atividade Rural - LAR, referente à atividade rural, a ser realizada em área de Uso Alternativo do Solo consolidada antes de 22 de julho de 2008, sem autorização de supressão, condicionado ao cumprimento das obrigações postas e com força de título executivo extrajudicial, mediante as seguintes cláusulas:

CLÁUSULA PRIMEIRA - DO OBJETO

O presente instrumento tem por objeto o compromisso de adesão ao Programa de Regularização Ambiental, em até 60 (sessenta) dias após a sua implementação no Estado do Pará, pelo proprietário/possuidor que tem interesse em obter o Certificado de Liberação de Crédito de Reposição

Figura 18 – Exemplo de termo de compromisso, do Programa de Regularização Ambiental, do Estado do Pará.
Fonte: SEMA-PA (2023).

Outro aspecto importante do PRA, é a criação do Programa Mais Ambiente Brasil. O Decreto Federal nº 8.235 de 2014 (BRASIL, 2014), instituiu o Programa Mais Ambiente Brasil com os objetivos de apoiar, articular e integrar os PRA, auxiliando nos temas de educação ambiental, assistência técnica e extensão rural, produção e distribuição de sementes e mudas, além de capacitação dos gestores

públicos envolvidos no processo de regularização ambiental dos imóveis rurais em estados brasileiros. O Programa Mais Ambiente Brasil é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e busca auxiliar os governos estaduais na implementação dos PRAs.

2.4.5. Fluxo do Cadastro Ambiental Rural para realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros

A primeira etapa necessária para realizar a regularização ambiental do imóvel rural no Brasil é a inscrição do imóvel no CAR. Na inscrição do imóvel no CAR é preciso cadastrar as informações mencionadas na subseção 2.4.3. Com a inscrição finalizada, o proprietário recebe o recibo de inscrição no CAR e as instituições dão início ao processo de análise das informações declaradas no CAR.

Sobre os processos de análise do CAR é importante destacar que a Portaria MAPA nº 121 (BRASIL, 2021) estabelece procedimentos gerais complementares para a análise dos dados do CAR e para a integração dos resultados da análise ao SICAR, incluindo os mecanismos de análise automática. Assim, a verificação das informações pode ser processada por meio dos cruzamentos geoespaciais entre as informações declaradas por proprietários ou possuidores rurais e as bases de dados temáticas de referência, obtidas por técnicas de sensoriamento remoto ou em bases oficiais produzidas pelo poder público. Hoje, a importância da análise automática dos CAR decorre do robusto banco de dados de mais de sete milhões de imóveis, cuja análise é realizada de forma individualizada (CNMP, 2022).

Após o processo de análise das informações do CAR, os imóveis rurais que não foram identificados passivos ambientais são considerados regularizados. Os imóveis rurais que foram identificados passivos ambientais são notificados e devem realizar a adesão ao PRA através da assinatura do termo de compromisso ambiental (TCA). Os imóveis rurais em que foram identificados passivos ambientais e não fizeram a adesão aos PRAs são, então, submetidos a normas mais rígidas, exigindo a ampliação da área a ser recuperada e a perda dos benefícios previstos no PRA, como a suspensão do pagamento de multas e da responsabilização civil e criminal pelos danos causados (Figura 19).

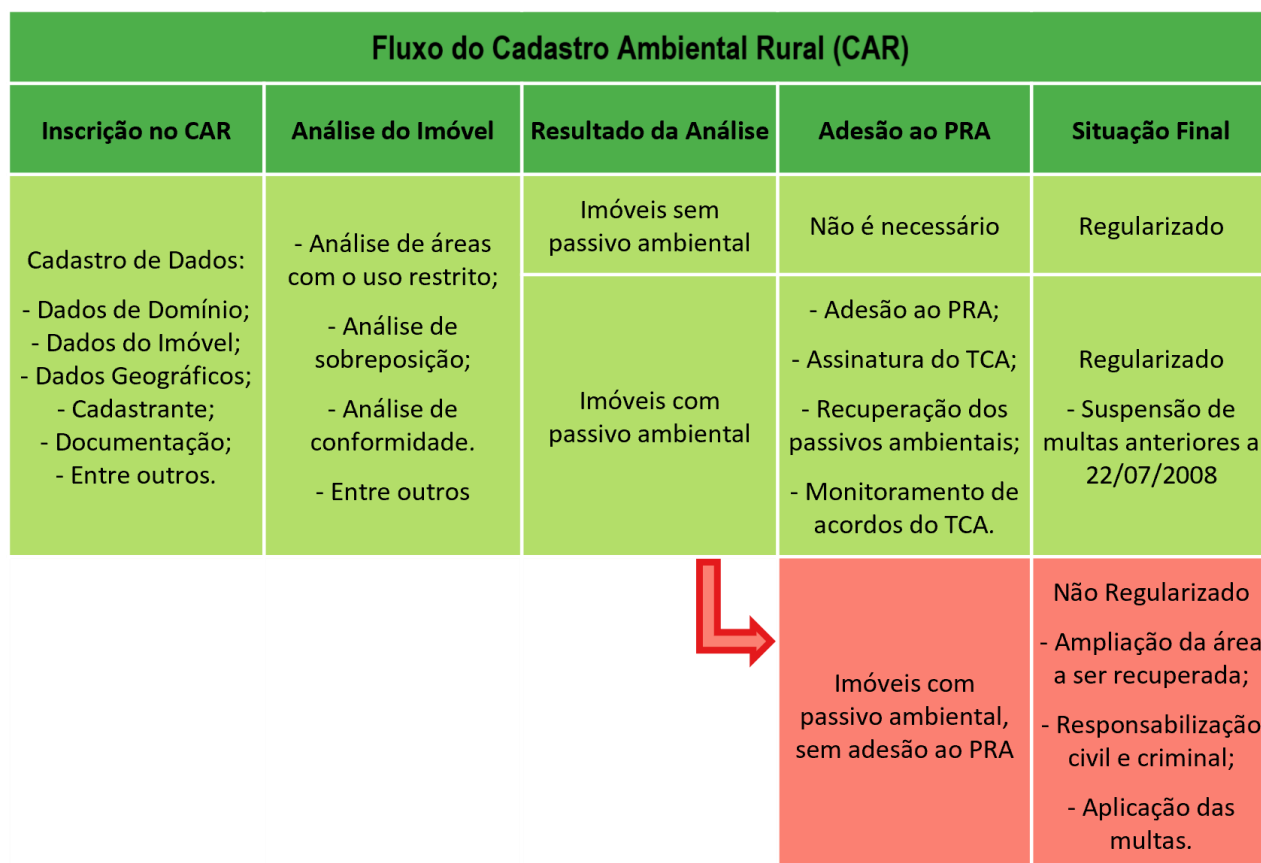


Figura 19 – Fluxo do programa Cadastro Ambiental Rural e os procedimentos para realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros.

Fonte: Elaboração própria.

Após analisar o fluxo do CAR e procedimentos para realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros, a pesquisa analisa a situação do estado do Acre em relação aos movimentos sociais pela conservação ambiental, ao avanço do arco do desmatamento e a condição atual do PRA e do CAR.

2.5. A implementação da política ambiental e do programa CAR, no estado do Acre

A presente subseção tem objetivo de demonstrar os motivos para escolha do estado do Acre, como estudo de caso da pesquisa. Para tal, foram abordados os temas do pioneirismo do Acre nos movimentos sociais pela conservação ambiental, do aumento do desmatamento nos últimos anos e os seus impactos ao estado e da situação atual do CAR no estado.

A subseção 2.5.1 aborda o pioneirismo do estado nos movimentos sociais pela conservação ambiental. Dentre as suas maiores conquistas estão a implementação

das Reservas Extrativistas (RESEX), as quais são definidas como área utilizada por populações extrativistas cuja a vida é baseada no extrativismo, agricultura e criação de animais de pequeno porte. Estas áreas de reserva tem os objetivos de proteger a vida e a cultura dessas populações tradicionais, promovendo e assegurando o uso sustentável do solo e de seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

A subseção 2.5.2 aborda o aumento do desmatamento nos últimos anos e os impactos no estado do Acre. Apesar dos esforços para a redução do desmatamento no referido estado, a oscilação da quantidade de área desmatada segue a tendência da região amazônica, com os picos de desmatamento nos anos 1995 e 2003, redução após o ano de 2004 e novo aumento considerável após o ano de 2016.

Por último, a subseção 2.5.3 aborda a situação atual do CAR no estado do Acre. O relatório da Climate Policy Initiative (2021) aponta o estado como um dos mais avançados na implementação do Código Florestal e do CAR, considerando todas as etapas da regularização ambiental em imóveis rurais brasileiros.

2.5.1. O pioneirismo do Estado do Acre nos movimentos sociais pela conservação ambiental

No final do século XIX a colonização da região sudoeste da Amazônia, no Brasil, foi incentivada pelo mercado da Borracha. Este mercado se desenvolveu a partir da expulsão dos povos nativos de seus territórios. Para a extração da borracha, era utilizada a mão-de-obra de migrantes nordestinos e, em um segundo momento, o trabalho forçado de indígenas, ambos em regime de aviamento (PILNIK, et al., 2022).

Nesse sistema de aviamento, os custos dos produtos de primeira necessidade, que eram vendidos pelos patrões seringalistas, excediam o valor da borracha, que era vendida pelos seringueiros. Esta constante troca desigual tornou os seringueiros endividados e, portanto, constantemente subjugados em regime de trabalho escravo ou semiescravo, em que havia expressivo controle econômico, político e social dos patrões seringalistas sobre os seringueiros (FRANCO, 2001).

Com o declínio do mercado da borracha, na década de 1960, o governo brasileiro implementou uma nova política desenvolvimentista para a Amazônia, concedendo incentivos para atividades de pecuária extensiva e de monocultivos em

larga escala para grupos econômicos advindos da região centro-sul do país. As consequências de tais políticas foram sucessivas expulsões dos povos nativos e a crescente remoção das áreas florestadas (PILNIK, et al., 2022).

Como resposta a esse modelo de desenvolvimento e ao sistema de aviação, surgiu o movimento social dos seringueiros, com o objetivo de permanecer na terra, ter reconhecido os seus direitos históricos, melhorar as condições de vida e proteger o meio ambiente e as áreas de floresta. O modo de vida agroextrativista, que povos da floresta e seringueiros utilizam, procura conservar as áreas de floresta, uma vez que estas exercem uma função central no modo de vida tradicional e seu equilíbrio depende dos ecossistemas conservados (Ibid.).

Para alcançar os seus objetivos, os seringueiros passaram a organizar as ações de empates. Os empates, de acordo com Allegretti (2008), eram ações coletivas de caráter espontâneo e pacífico com o intuito de evitar as expulsões dos seringueiros e retirada da floresta. Relato de Chico Mendes aponta que de 45 empates realizados, entre os anos 1976 e 1988, foram obtidas 15 vitórias. O empate deixava claro que a disputa era em relação aos recursos florestais e não a própria terra (ALLEGRETTI, 2008).

Chama atenção o fato de que em 1985 foi realizado o I Encontro Nacional de Seringueiros da Amazônia em Brasília. Durante a preparação para o encontro, foi pensada na proposta de uma área reservada para os seringueiros, semelhantes às terras indígenas, denominada RESEX. O encontro deu maior visibilidade para a luta de seringueiros e possibilitou a aliança com os movimentos ambientalistas da época (PILNIK, et al., 2022).

Na década de 1990, o movimento dos seringueiros alcançou conquistas como a criação das duas primeiras RESEX federais (Reserva Extrativista Alto Juruá e a Reserva Extrativista Chico Mendes). Segundo a lei nº 9.985 (BRASIL, 2000), as RESEX são definidas como:

área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (BRASIL, 2000).

É importante ressaltar que o movimento dos seringueiros do estado do Acre foi um dos primeiros movimentos sociais pela conservação do meio ambiente, no Brasil e no mundo.

2.5.2. O avanço do arco do desmatamento e os impactos no estado do Acre

Apesar da discussão sobre os povos tradicionais e, mais especificadamente, os seringueiros no estado do Acre, deve-se mencionar que a inauguração da rodovia Transamazônica e os incentivos para atividades de mineração, extração de madeira, pecuária e produção de energia hidrelétrica, na década de 1970, iniciaram a intensa ocupação da Amazônia. A redução dos custos de transporte, subsídios fiscais e a concessão de créditos para os investimentos privados, desencadearam movimentos migratórios do Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, resultando no desenvolvimento de atividades que causaram uma série de impactos ambientais (MESSIAS et al., 2021).

Entre os anos de 1970 e 2000, a população da Amazônia brasileira passou de 5.023.569 para 15.751.010 de habitantes, alterando significativamente a paisagem da região. A localização de povoados passou a se organizar ao longo de rodovias e não mais ao redor da rede fluvial, como ocorria até a década de 1960. Segundo Becker (2001), estas alterações desencadearam uma penosa mobilidade espacial, com forte migração e contínua expropriação da terra.

Diante das alarmantes taxas de perda de floresta, em 2004, foi implantado o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), cujo objetivo é promover a redução do desmatamento por meio de um conjunto de ações integradas, envolvendo parcerias entre órgãos federais, governos estaduais, prefeituras, sociedade civil e setor privado (BRASIL, 2016). O PPCDAm auxiliou na ampliação de áreas protegidas, na Amazônia Legal brasileira. A esse respeito, apenas entre 2004 e 2006 foram delimitados 445.246,84 km² de unidades de conservação, expandindo suas áreas em 62,5% (MESSIAS et al., 2021).

Em 2008 o Brasil criou o Fundo Amazônia, objetivando captar recursos para os projetos de combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável. Além disso, o Banco Central do Brasil passou a subordinar a concessão

de créditos agrícolas com a condição de não possuir embargos ambientais pendentes devido aos desmatamentos ilegais (FEARNSIDE, 2020).

Com a implementação destas e outras iniciativas, as taxas de desmatamento seguiram em sucessivas quedas. No ano de 2012, o Brasil registrou a menor taxa de desmatamento (desde 1988), quando foram desmatados 4.571 km² em toda a região amazônica (Figura 20). Apesar dos esforços para combater os desmatamentos, o assunto não é uma questão superada, e interferências recentes nas dinâmicas sociais, econômicas e políticas, vem resultando no aumento das áreas desmatadas.

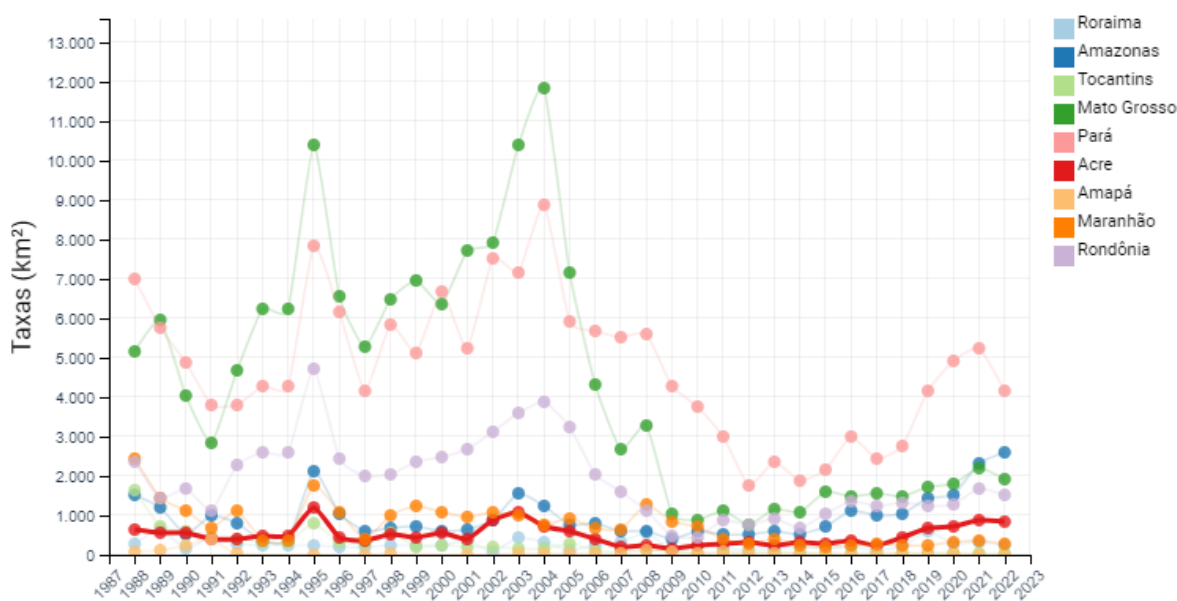


Figura 20 – Taxas de desmatamento na Amazônia Brasileira, por UF (km²/year), com foco no Estado do Acre.

Fonte: INPE (2023).

Segundo Pereira et al. (2019), no ano de 2016, o governo brasileiro aprovou a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 241, que congelou o orçamento do Ministério do Meio Ambiente (MMA) por um período de 20 anos, ameaçando o funcionamento dos institutos que atuam no monitoramento, combate e controle do desmatamento na Amazônia. O processo de ampliação das áreas protegidas, que estava em curso, foi praticamente paralisado (MESSIAS et al., 2021). Além dos aumentos nas taxas de desmatamento nos últimos anos, que atingiu 13.038,00 km² em 2021, os incêndios florestais na região amazônica ganharam atenção da classe política e da sociedade. Somente no estado do Acre, no mês de setembro de 2022, foram registrados 6,7 mil focos de queimadas (INPE, 2023).

Os cortes no orçamento do MMA também afetaram os órgãos que supervisionam diretamente a floresta amazônica, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (MESSIAS et al., 2021). O governo também havia sido criticado por tomar posições contra os movimentos de conservação ambiental e por afrouxar licenças ambientais (Ibid.). Além disto, os últimos anos têm sido marcados pela intensificação de atividades como a grilagem de terras, mineração ilegal, exploração madeireira predatória e pelas invasões em áreas protegidas (MESSIAS et al., 2021).

A dinâmica das taxas de desmatamento, no estado do Acre, seguiu a lógica da região amazônica. Nos anos 1995 e 2003, o Estado do Acre teve as maiores taxas de desmatamento, com 1.208 km² e 1.078 km² de área desmatada, respectivamente. Com as implementações do PPCDam (2004), do Fundo Amazônia (2008) e da Lei Nacional de Mudanças Climáticas (2009), as taxas de desmatamento no estado caíram consideravelmente, atingindo o seu menor valor no ano de 2009 com 167 km² de área desmatada (Figura 21).

Da mesma forma, o congelamento dos recursos do MMA, a paralização dos projetos de implementação de unidades de conservação (UC) e de terras indígenas (TI) e a diminuição da fiscalização ambiental, no nível federal, fizeram com que os desmatamentos, no referido estado, voltassem a subir a partir de 2017. No ano de 2021, o estado registrou a sua terceira maior taxa de desmatamento, com 889 km² de área desmatada (Figura 21).

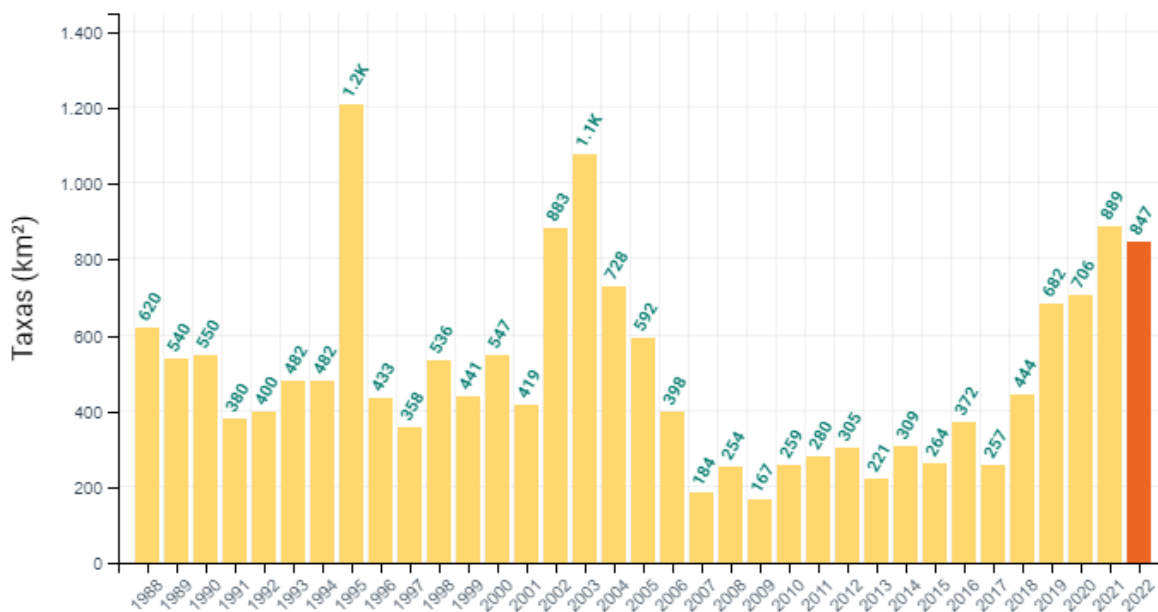


Figura 21 – Taxas de desmatamento no Estado do Acre (km²/year).
Fonte: INPE (2023).

A maioria dos desmatamentos se concentram nos eixos de infraestrutura de transporte. Citam-se aí, as rodovias BR-317 e BR-364. No entanto, também foram identificados avanços do desmatamento em direção ao centro do estado, especialmente em áreas com ausência de sistema viário (como ao longo dos rios ou de forma difusa em suas extensas florestas). Estas, muitas das vezes, estão situadas em áreas protegidas, como as unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI) (MESSIAS et al., 2021).

2.5.3. Situação atual do Cadastro Ambiental Rural no estado do Acre

Segundo Chiavari, Lopes, & Araujo (2021), o Acre está entre os 4 estados mais avançados na implementação do Código Florestal e CAR, considerando todas as etapas da regularização ambiental. No ano de 2021, os estados do Acre e Pará foram os estados com a melhor performance. O Acre, no ano de 2021, aumentou em 48% o número de inscritos no CAR, triplicou o número de técnicos dedicados à análise dos cadastros, aumentou em 61% o número de termos de compromisso assinados, analisou cerca de 12 mil cadastros e validou aproximadamente 525 cadastros.

Cabe ressaltar a importância do Escritório Técnico de Gestão do CAR e PRA, do Estado do Acre, que possui a função de planejar, coordenar, gerenciar e executar o CAR e o PRA, nos resultados obtidos. Em 2021, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas (SEMAPI-AC), contratou uma equipe técnica de dezessete profissionais que se juntaram à equipe do órgão, totalizando 20 pessoas dedicadas à agenda do CAR e PRA (CHIAVARI, LOPES, & ARAUJO, 2021).

Um dos maiores desafios do Cadastro Ambiental Rural é chegar à etapa final da regularização ambiental de imóveis rurais brasileiros. Devido à diversos fatores, apenas parte dos cadastros validados segue para a etapa de assinatura do termo de compromisso ambiental e para a recuperação dos passivos ambientais nas Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal¹⁰. No Acre, cerca de 60% dos cadastros validados com passivos já possuem o termo de compromisso ambiental assinado, no Mato Grosso e no Pará este número cai para 20% e, em Rondônia, os termos firmados correspondem a 5% dos cadastros validados com passivos (Ibid.).

Dessa forma, apenas poucos estados brasileiros estão na última etapa do fluxo de regularização ambiental, a qual consiste na recuperação dos passivos em APP e Reserva Legal e no monitoramento dos termos de compromisso ambiental, são eles: Acre; Bahia; Mato Grosso; Mato Grosso do Sul; Pará; e Rondônia (CHIAVARI, LOPES, & ARAUJO, 2021). Nos estados do Acre, Mato Grosso, Rondônia e Pará, o PRA já está implantado, com Projetos de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA) validados e termos de compromisso ambiental assinados. Cabe ressaltar que quatro estados já promoveram o cancelamento dos registros do CAR sobrepostos à TIs e UCs, sendo o Acre um destes (Ibid.).

Conforme demonstrado nesta subseção (2.5.3), o Acre é um dos estados mais avançados na implementação do CAR e do PRA. As informações de imóveis rurais cadastrados no CAR e a lista contendo os imóveis rurais que possuem o termo de compromisso ambiental assinado são dados secundários utilizados no estudo, com objetivo de analisar em que medida o PRA do CAR, contribui para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos

¹⁰ Segundo Chiavari, Lopes, e Araujo (2021) foi relatado pelo representante do órgão ambiental do Acre que muitos produtores procuram o Escritório do CAR para solicitar a adesão ao PRA e desistem do processo, com mais de 90 Termos de Compromissos arquivados devido ao não comparecimento do produtor para assinatura.

ambientais federais nos imóveis rurais do Acre. Como o Acre é um dos primeiros estados a ter os termos de compromisso ambiental (TCA) assinados, o uso destas informações concede à pesquisa um caráter pioneiro e inovador.

3. Procedimentos Metodológicos

Este capítulo visa detalhar a metodologia utilizada durante a pesquisa para a obtenção dos resultados e conclusões. Para detalhar a metodologia utilizada, este capítulo aborda as estratégias da pesquisa, a unidade de análise, os instrumentos utilizados, a coleta de dados e a análise de dados.

3.1. Estratégia da pesquisa

No presente estudo, os métodos qualitativo e quantitativo são usados de forma complementar. O objetivo em utilizar diferentes métodos na pesquisa é analisar o fenômeno sob diferentes perspectivas. De acordo com Jick (1979), a utilização de diferentes métodos na pesquisa científica para compreender um fenômeno específico é denominado triangulação. A triangulação é definida pela combinação de diferentes metodologias para obter a melhor acurácia no estudo de determinado fenômeno resultando, assim, na maior credibilidade dos resultados obtidos na pesquisa. A origem do termo triangulação deriva dos princípios básicos utilizados na geometria, em que múltiplos pontos de vista garantem maior precisão (Figura 22).



Figura 22 – Complementariedade das abordagens.
Fonte: Paranhos, Filho, Rocha, Júnior, & Freitas (2016).

As análises quantitativas são realizadas com a utilização de análises espaciais e estatísticas, com objetivo de avaliar em que medida o PRA, do CAR, contribui para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação

ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis do CAR. Por outro lado, as análises qualitativas são realizadas com o uso de entrevistas semiestruturadas visando complementar os resultados obtidos pelas análises quantitativas, indicando os impactos do PRA e do CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais brasileiros e os desafios e oportunidades para implementação da regularização ambiental.

3.2. Unidade de análise

A partir do objetivo traçado no presente trabalho, o estudo utilizou os dados espaciais dos imóveis rurais cadastrados no CAR, realizando um relacionamento espacial com os dados de incremento anual de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais. Com isso, o estudo tem como unidade de análise da pesquisa, os imóveis rurais cadastrados no CAR (Figura 23).

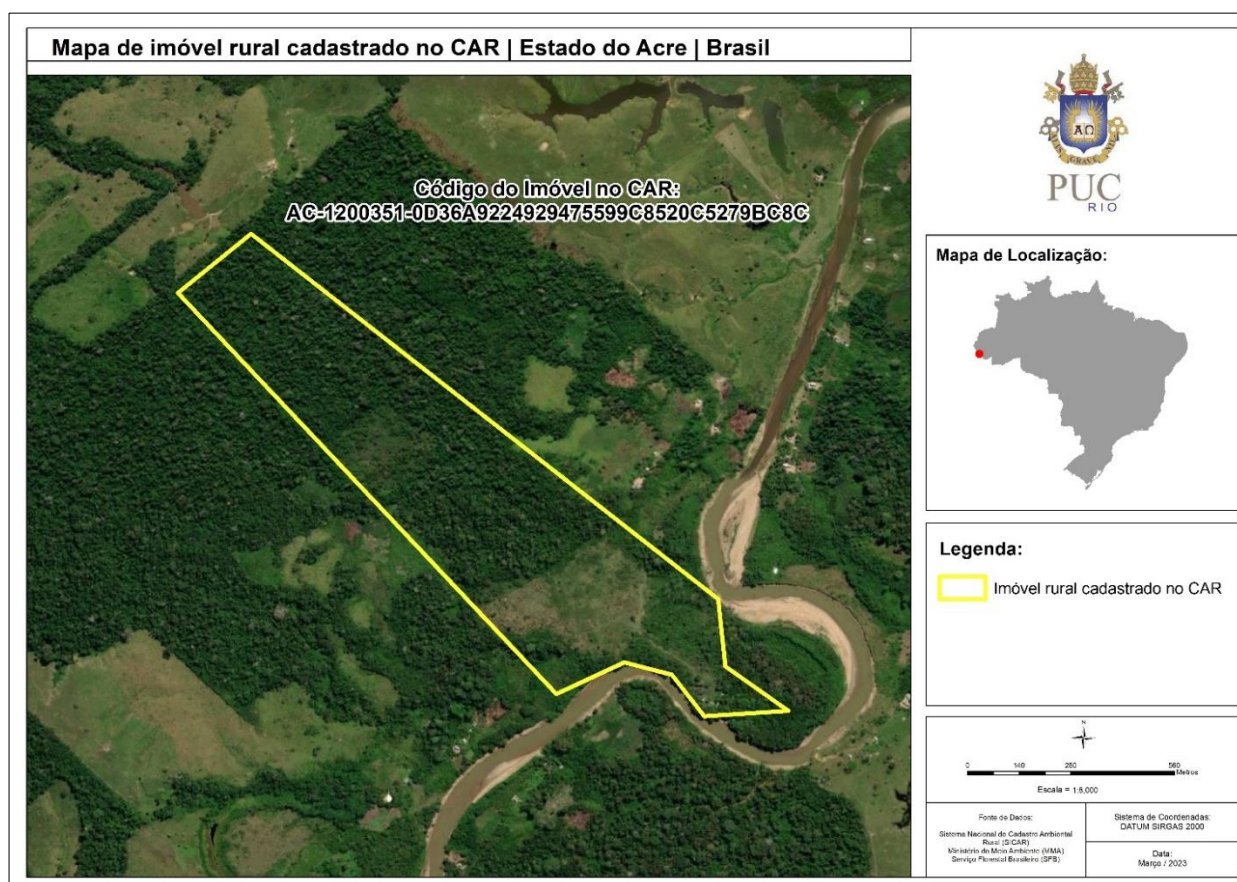


Figura 23 – Exemplo de imóvel rural utilizado como unidade de análise, da pesquisa.
Fonte: Elaboração própria

As informações do imóvel rural são inseridas no SICAR pelo declarante, que é responsável por realizar a inscrição do imóvel no programa Cadastro Ambiental Rural. Os dados do CAR utilizados na pesquisa foram cadastrados no SICAR entre os anos de 2012 e 2022. Em relação ao tamanho das propriedades analisadas na pesquisa, os imóveis rurais foram divididos em 5 grupos, são eles: análise agregada (de todos os tamanhos), menores que 1 módulo fiscal, entre 1 e 4 módulos fiscais, entre 4 e 15 módulos fiscais, e maiores que 15 módulos fiscais¹¹.

Entende-se por módulo fiscal uma unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para cada município do Brasil, levando-se em conta o tipo de exploração predominante, a renda obtida com a exploração predominante, outras explorações existentes no município e o conceito de propriedade familiar (BRASIL, 1993). A dimensão de um módulo fiscal, varia de acordo com o município onde está situada a propriedade, podendo variar entre 70 e 100 hectares, no estado do Acre (EMBRAPA, 2023).

O CAR é um programa de âmbito nacional, porém, na presente pesquisa, foram selecionados somente os imóveis rurais do CAR situados no Acre. Conforme apresentado na subseção 2.5.3, o referido estado é um dos estados mais avançados na implementação do CAR, com Projetos de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas (PRADA) validados e os termos de compromisso ambiental assinados. A disponibilidade das informações dos imóveis rurais cadastrados no CAR e de imóveis que possuem o TCA assinado, foram os principais motivos para a escolha do Acre, como estudo de caso da pesquisa (Figura 24). O uso destas informações concede ao estudo, um caráter inovador, e seus métodos podem ser utilizados em diferentes estados do Brasil.

¹¹ Segundo a Embrapa (2023), a Lei nº 8.629 de 1993, estabelece os valores dos módulos fiscais para a pequena propriedade (imóveis com área entre 1 e 4 módulos fiscais) e média propriedade (imóveis com área entre 4 e 15 módulos fiscais), ficando entendido que o minifúndio possui área inferior a 1 módulo fiscal e a grande propriedade possui área superior a 15 módulos fiscais.

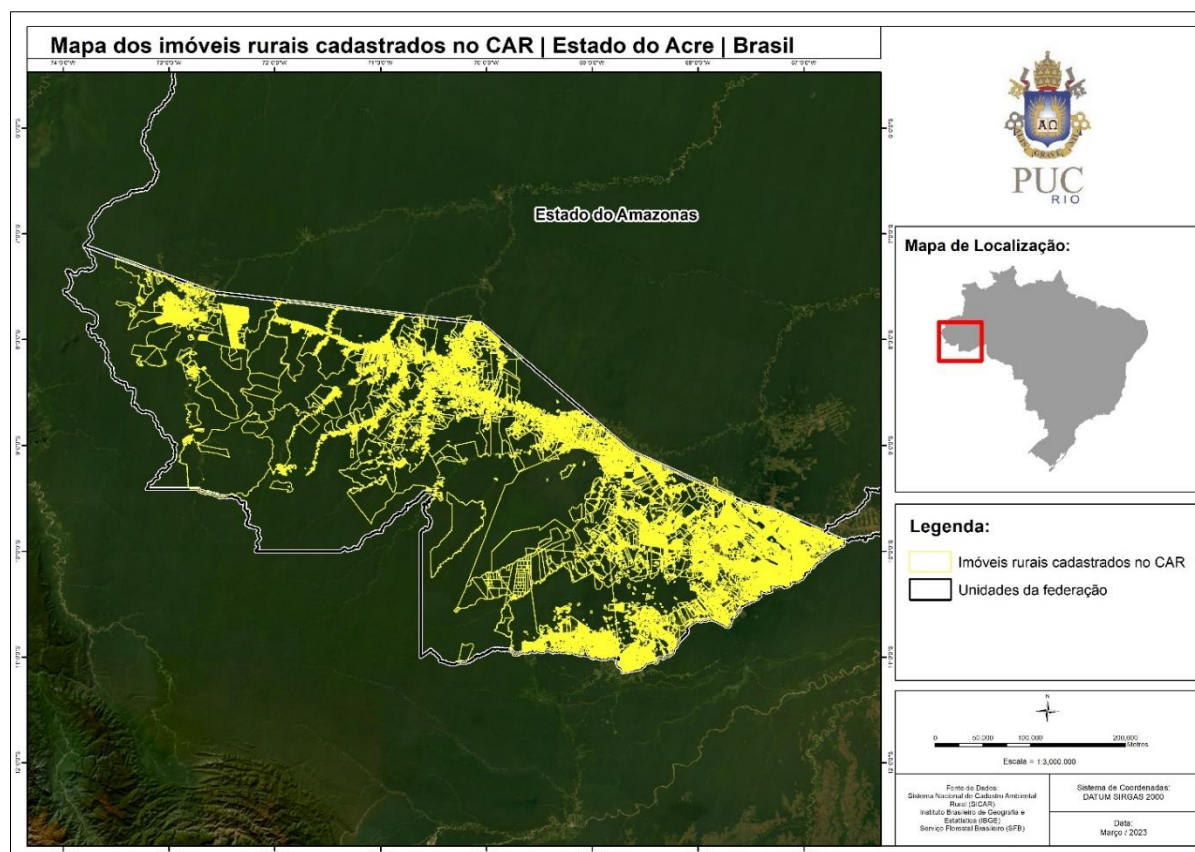


Figura 24 – Imóveis rurais cadastrados no CAR, no Estado do Acre (recorte espacial da pesquisa).
Fonte: Elaboração própria

Segundo o Decreto Federal nº 7.830 de 2012, o SICAR tem como um de seus objetivos a disponibilização dos dados de natureza pública sobre a regularização ambiental dos imóveis rurais em território nacional via internet (BRASIL, 2012). Assim, a informação dos imóveis rurais cadastrados no CAR, que é utilizada como unidade de análise da pesquisa, é um dado de natureza pública, disponibilizado e coletado via internet através do SICAR.

3.3. Instrumentos utilizados

Os principais instrumentos utilizados para realizar as análises quantitativas, foram os *softwares Quantum GIS (QGIS), PgAdmin, Power BI e R Studio*. Sobre as análises qualitativas da pesquisa, o principal instrumento utilizado foi a entrevista semiestruturada. Os instrumentos selecionados têm o objetivo de auxiliar os procedimentos de coleta, processamento e análise dos dados para avaliar em que medida o Programa de Regularização Ambiental, do CAR, contribui na redução dos

desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais nos imóveis rurais do Acre.

- O software *Quantum GIS* (QGIS), é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto e gratuito que permite a visualização, edição e análise dos dados espaciais. Ele é utilizado por profissionais que trabalham com dados geográficos em diferentes áreas, como geógrafos, cartógrafos, entre outros. O QGIS possui diversas ferramentas para análise de dados espaciais, criação de mapas temáticos, análise de proximidade, entre outros, e conta com uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores do software.
- O *PgAdmin* é um software de administração e gerenciamento de banco de dados PostgreSQL, gratuito e de código aberto, que oferece interface gráfica aos usuários para gerenciar as tarefas relacionadas ao banco de dados. Para realizar as análises espaciais do estudo foi necessário instalar a extensão do PostGIS. O PostGIS é uma extensão geoespacial desenvolvida para suporte no armazenamento, gerenciamento, tratamento e análise de dados espaciais, em banco de dados *PostgreSQL*. A utilização do software *PgAdmin* permite a automatização de análises geoespaciais realizadas pelo estudo. Os códigos elaborados podem ser utilizados por instituições públicas e privadas, com o objetivo de promover a interoperabilidade dos dados ambientais, no Brasil.
- O *Power BI* é um software de análise de negócios que auxilia a interpretação de dados através da criação de relatórios interativos e dashboards, contendo mapas, tabelas, matrizes e gráficos, em diferentes formatos. O software tem objetivo de auxiliar empresas, organizações e sociedade civil, nos processos de tomada de decisão, baseada em dados. O *Power BI* permite a utilização de diversas fontes de informação, como planilhas, banco de dados, arquivos de texto, entre outros. Suas funcionalidades podem ser usadas em diferentes áreas do conhecimento, como o meio ambiente, finanças, saúde e marketing. O *Power BI* foi desenvolvido pela empresa *Microsoft*, e não é um software gratuito e de código aberto, como são o QGIS e o *PgAdmin*, no entanto, as funcionalidades utilizadas na pesquisa, são disponíveis de forma gratuita.

- O *R Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), gratuito e de código aberto, que utiliza a linguagem de programação R. A ferramenta *R Studio* é utilizada por profissionais que trabalham com estatística, ciência de dados, análise de dados, entre outros. O *R Studio* possui uma comunidade ativa de desenvolvedores que contribuem com pacotes, plugins e recursos para aprimorar suas funcionalidades.

Os softwares QGIS e *PgAdmin*, tem objetivo de realizar as análises espaciais necessárias para relacionar as informações dos imóveis rurais cadastrados no CAR, com os dados de incrementos anuais de desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais. Os softwares *Power BI* e *R Studio* auxiliam na interpretação dos dados obtidos, com a aplicação de métodos estatísticos e a visualização das informações em gráficos. Por último, as entrevistas semiestruturadas são utilizadas para analisar e complementar os resultados obtidos.

3.4. Coleta de dados

As principais fontes de dados utilizadas durante a pesquisa foram entrevistas semiestruturadas, publicações governamentais, informações geográficas, legislação e pesquisas anteriores. Estes dados foram divididos em dados secundários e dados primários.

3.4.1. Dados secundários utilizados na pesquisa

Na presente pesquisa, os dados secundários utilizados foram coletados através de bancos de dados geográficos, publicações governamentais, lista disponibilizada pela SEMAPI, pesquisas anteriores e legislações. Os bancos de dados geográficos fornecem as informações espaciais de imóveis rurais do CAR, incrementos anuais de desmatamento, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, as quais são utilizadas nas análises espaciais, enquanto a lista disponibilizada pela SEMAPI, identifica os imóveis rurais do CAR que possuem o termo de compromisso ambiental (TCA) assinado. As publicações governamentais, pesquisas anteriores e leis e decretos (legislação) estabelecidos, complementam os dados da pesquisa.

A seguir é apresentado o detalhamento das fontes de dados utilizadas, para a coleta dos dados secundários:

- **Publicações governamentais:** As publicações governamentais são, fontes de dados secundários, produzidas por agências governamentais, que fornecem informações sobre ampla variedade de tópicos como, estatística, saúde, educação, meio ambiente, economia, entre outros.
- **Legislação (Leis e Decretos):** As legislações analisadas fornecem informações relevantes sobre as questões jurídicas, ambientais, políticas e sociais, na implementação do programa Cadastro Ambiental Rural e na regularização ambiental de imóveis rurais, no Brasil.
- **Informações geográficas:** Os dados geográficos vetoriais são um tipo de representação de informações espaciais que utilizam elementos geométricos como pontos, linhas e polígonos para descrever a forma e a localização de objetos ou fenômenos na superfície terrestre. Além das coordenadas geográficas, os dados vetoriais possuem atributos que descrevem as características dos objetos ou fenômenos analisados. As informações geográficas vetoriais, utilizadas no estudo, foram os imóveis rurais do CAR, incrementos anuais de desmatamento, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, que possuem geometria de polígono, e os focos de queimada, que possui geometria de ponto.

Para coletar as informações mencionadas, instituições governamentais como o SFB e INPE utilizam técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no estado da arte. As informações geográficas, utilizadas no estudo são:

- Imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (SFB);
- Incrementos anuais de desmatamentos – PRODES (INPE);
- Focos de queimadas – BdQueimadas (INPE);
- Alertas de degradação ambiental – DETER (INPE);
- Embargos ambientais federais (IBAMA);
- Imóveis rurais cadastrados no CAR com o TCA assinado (SEMAPI-AC).

a) Imóveis rurais cadastrados no Cadastro Ambiental Rural (SFB);

A informação geográfica de imóveis rurais cadastrados no CAR identifica os limites dos imóveis situados no estado do Acre (Figura 24), que foram cadastrados no SICAR entre os anos de 2012 e 2022. Os atributos utilizados da informação geográfica de imóveis do CAR são o código do imóvel, a área do imóvel (hectares), o número do módulo fiscal e a geometria das parcelas.

b) Incrementos anuais de desmatamentos – PRODES (INPE);

A informação geográfica de incremento anual de desmatamento (PRODES – INPE) utilizada na pesquisa, identifica os limites dos polígonos de desmatamento, por ano (entre 2008 e 2022), situados no Estado do Acre (Figura 25). Os atributos utilizados do dado geográfico contendo os incrementos anuais de desmatamento, são o ano e a geometria dos desmatamentos.

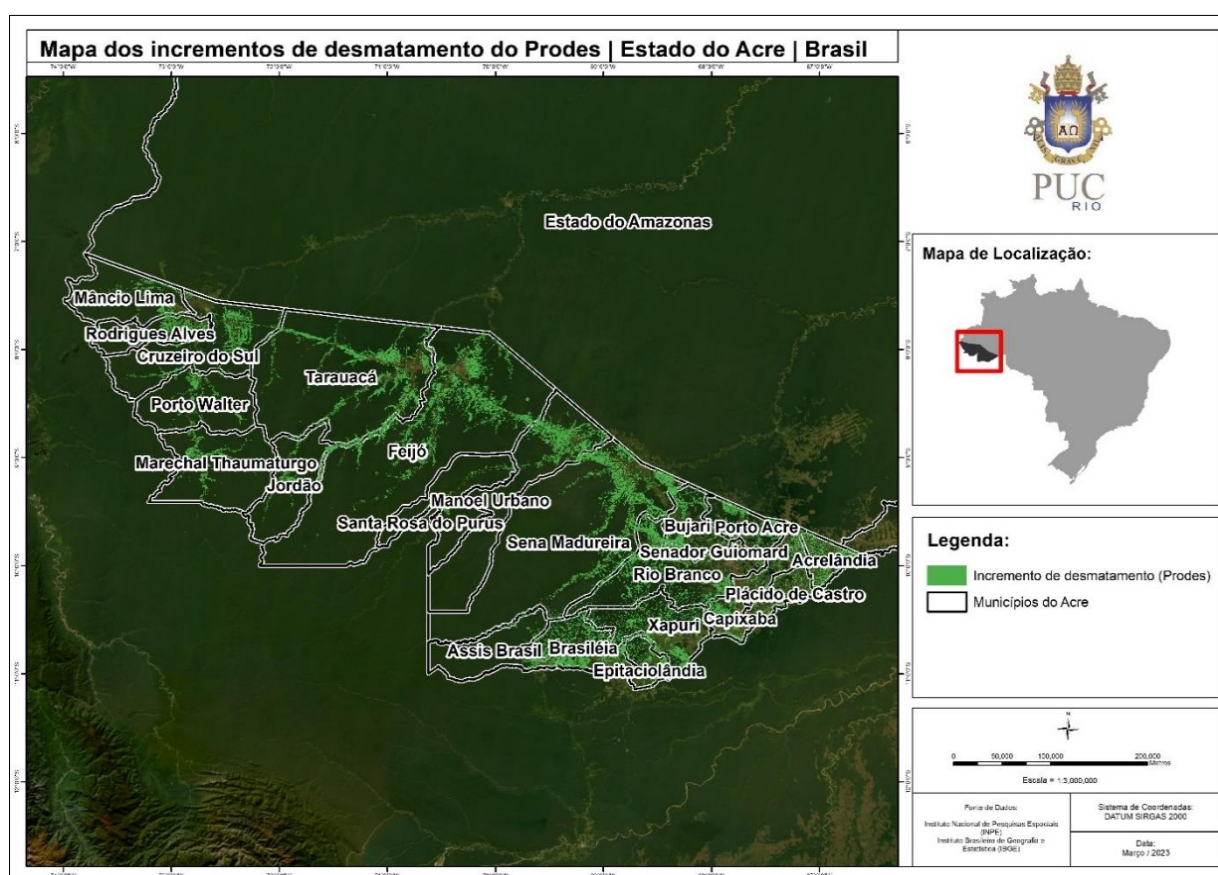


Figura 25 – Mapa dos incrementos anuais de desmatamentos do Prodes, no estado do Acre, entre 2008 e 2022.

Fonte: Elaboração própria

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2019), a metodologia do PRODES parte de alguns pressupostos, são eles:

- O PRODES (INPE) localiza as áreas onde ocorreu desmatamento por corte raso, ou seja, desmatamentos onde ocorreu a retirada da cobertura florestal primária, em área superior a 6,25 hectares;
- As imagens usadas pelo projeto PRODES são da classe Landsat, que possui resolução espacial de 30 metros, resolução temporal de 15 a 20 dias e possui 3 ou mais bandas espectrais;
- Em casos de imagens com grande cobertura de nuvem, o PRODES utiliza imagens de diferentes satélites ou datas, visando compor a cena;
- Os desmatamentos localizados pelo PRODES são projetados para uma data de referência comum e, como a estação seca está entre os meses de junho e setembro, o dia 1 de agosto é usado como a data de referência para o cálculo das taxas anualizadas (Ibid.).

c) Focos de queimadas – BdQueimadas (INPE);

A informação geográfica contendo os focos de queimadas (BdQueimadas – INPE) utilizada na pesquisa identifica os pontos de focos de queimadas situados no Acre (Figura 26). Não houve a exclusão de nenhum dos registros da base de dados disponibilizada pelo INPE entre os anos de 2013 e 2022. Os principais atributos utilizados da informação geográfica de focos de queimadas do INPE são o ano do foco de queimada, o identificador do foco e a geometria (ponto).

O programa de monitoramento de focos de queimadas (BdQueimadas - INPE) realiza pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação de produtos, processos e geoserviços para realizar o monitoramento das ocorrências e da propagação do fogo ativo na vegetação, incluindo o seu risco, extensão e severidade, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem numérica (INPE, 2022). Os dados coletados são disponibilizados através da plataforma SIG BdQueimadas.

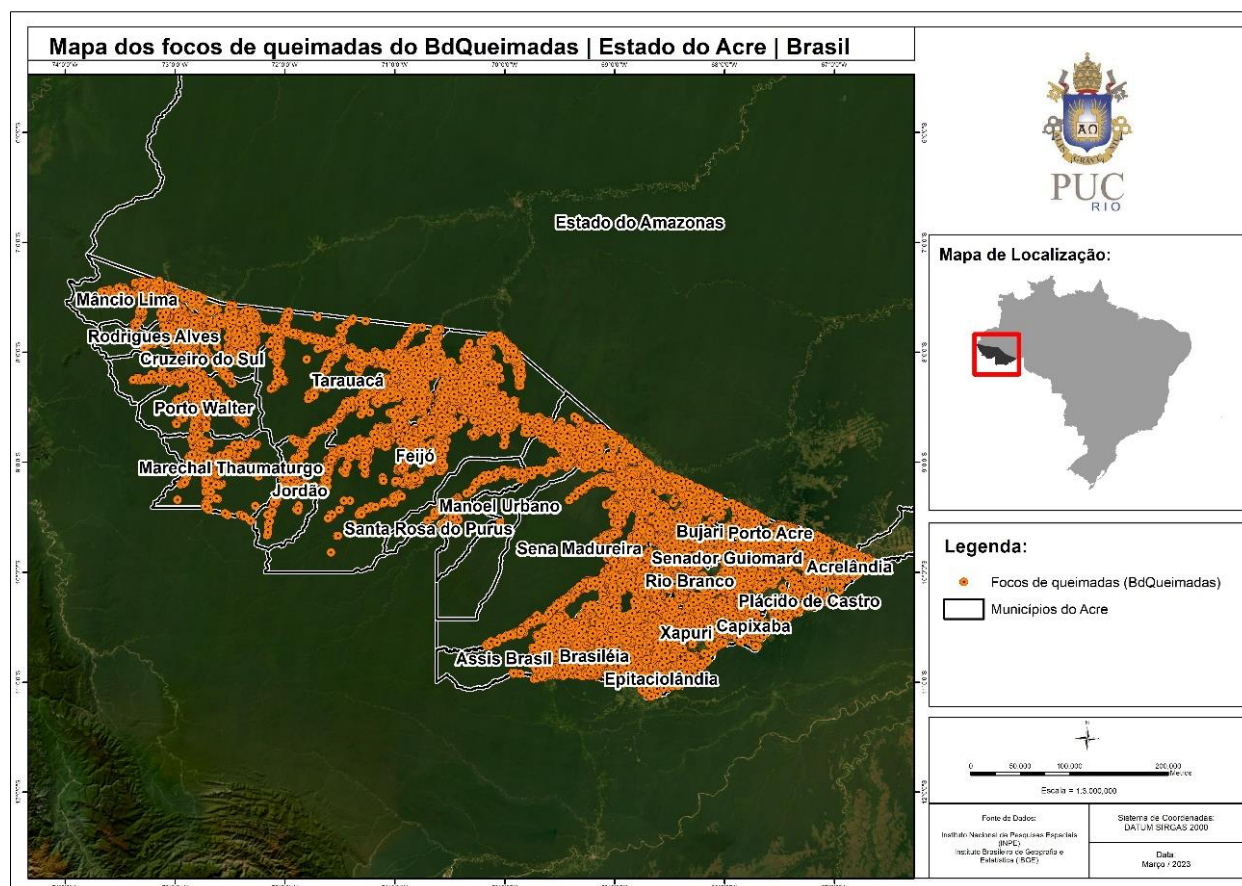


Figura 26 – Mapa dos focos de queimadas do BdQueimadas, no estado do Acre, entre 2013 e 2022.

Fonte: Elaboração própria

d) Alertas de degradação ambiental – DETER (INPE);

O dado geográfico contendo os alertas de degradação ambiental (DETER – INPE) utilizado na pesquisa identifica os alertas de degradação localizados no Acre, entre os anos de 2016 e 2022 (Figura 27). Não houve a exclusão de nenhum registro da base de dados. Os principais atributos utilizados da informação geográfica de alertas de degradação ambiental são a classe, o ano e a geometria (polígono).

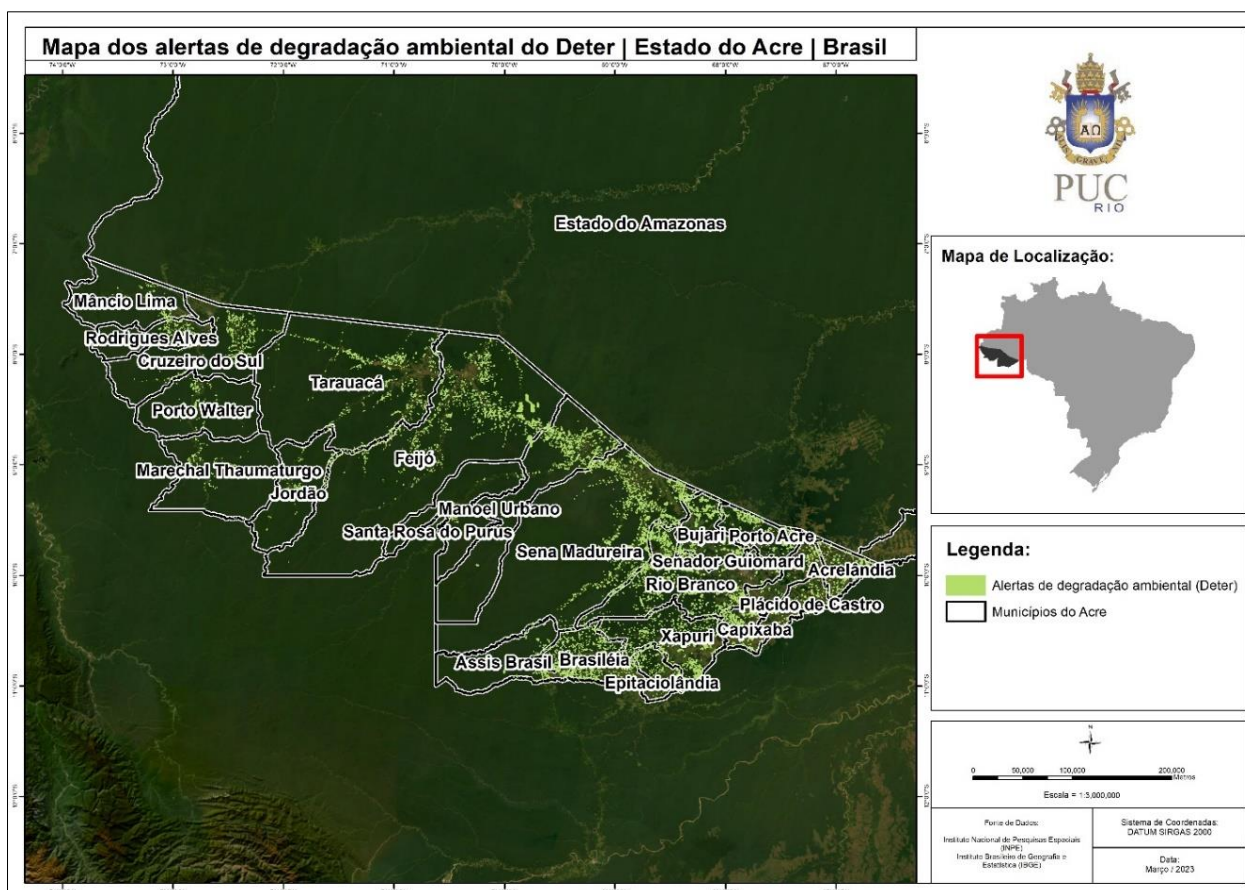


Figura 27 – Mapa dos alertas de degradação ambiental do DETER, no estado do Acre, entre 2016 e 2022.

Fonte: Elaboração própria

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2019), a metodologia do DETER parte de alguns pressupostos, são eles:

- Os polígonos do DETER são identificados através de fotointerpretação, com a utilização de imagens AWiFS e séries multitemporais de imagens Landsat, ResourceSat e CBERS;
- A localização dos alertas de degradação ambiental é feita baseada em três principais elementos para fotointerpretação: tonalidade, textura e contexto;
- Os polígonos do DETER são divididos em dois grupos. São eles: os alertas de desmatamento (desmatamento com solo exposto e desmatamento com vegetação e mineração) e alertas de degradação (degradação, corte seletivo geométrico ou desordenado e cicatriz de incêndio florestal).
- A quantidade de alertas de degradação ambiental que são mapeados por dia varia de acordo com as imagens viáveis para serem analisadas.

- É necessário enfatizar que o DETER captura apenas parte das alterações ocorridas, devido à menor resolução das imagens utilizadas (em relação ao Landsat) e às restrições de cobertura de nuvens. Em função de variações na cobertura de nuvens, de um mês para outro, a comparação entre informações de diferentes meses e anos é desaconselhada.

e) Embargos ambientais federais (IBAMA);

Os embargos ambientais federais (IBAMA) delimitam áreas onde ocorreram crimes ambientais. Além das datas em que foram registrados os embargos, os dados tabulares descrevem as infrações cometidas, números dos processos, entre outros. Os embargos ambientais são ferramenta importante para a fiscalização e o controle do desmatamento e, conforme mencionado na subseção 2.4, os embargos podem ser solucionados através da assinatura do TCA e adesão ao PRA.

A informação geográfica contendo embargos ambientais federais do IBAMA utilizada na pesquisa identifica os embargos ambientais localizados no Acre, entre os anos de 2003 e 2022 (Figura 28). Não houve a exclusão de nenhum registro da base de dados disponibilizada pelo IBAMA. Os principais atributos utilizados da informação geográfica de embargos ambientais federais são o ano e a geometria (polígono).

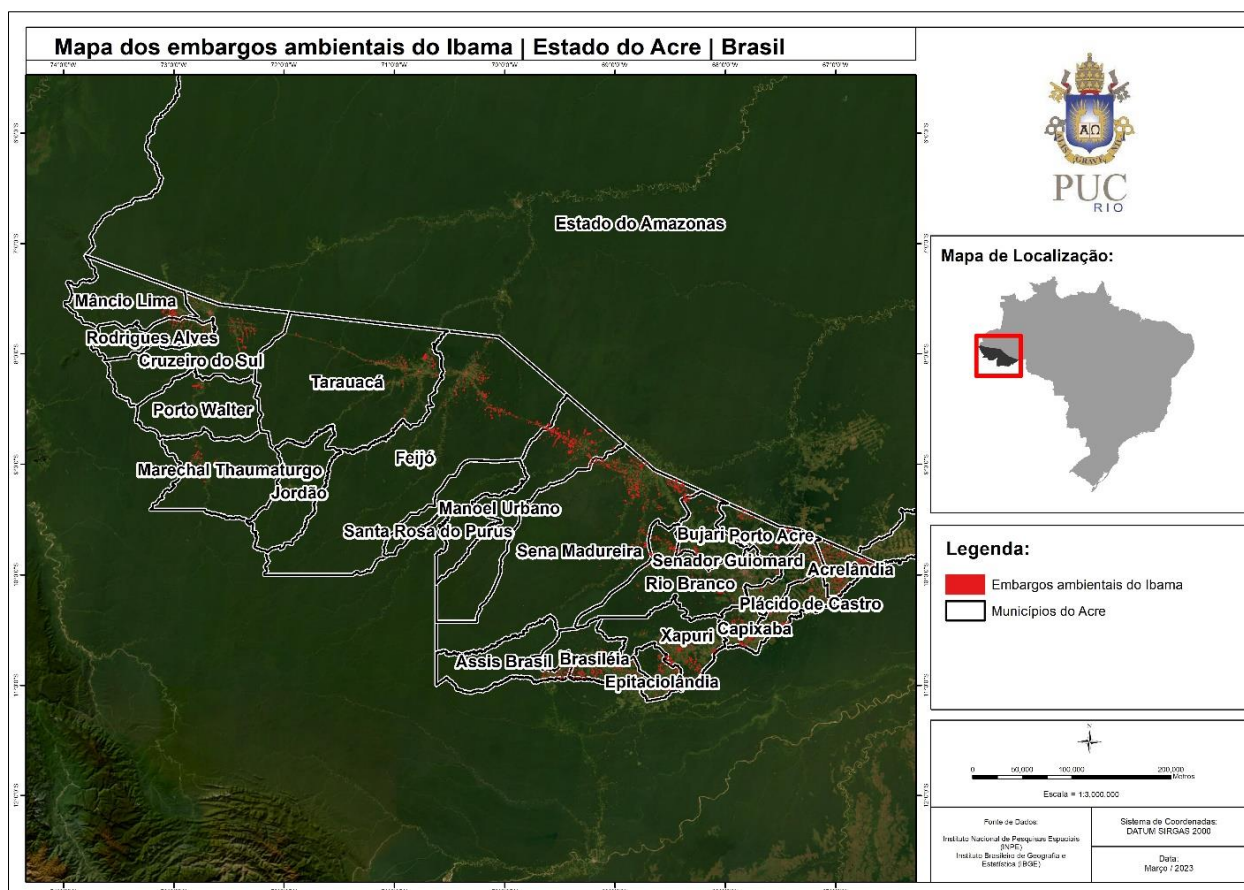


Figura 28 – Mapa dos embargos ambientais federais, do Ibama, no Estado do Acre.

Fonte: Elaboração própria

f) Imóveis rurais cadastrados no CAR com TCA assinado (SEMAPI-AC)

A informação geográfica contendo imóveis rurais cadastrados no CAR, com o termo de compromisso ambiental assinado, identifica imóveis rurais do CAR que realizaram adesão ao PRA, no estado do Acre. Não houve a exclusão de nenhum registro da base de dados disponibilizada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Acre (SEMAPI-AC). O principal atributo utilizado da informação contendo os imóveis rurais com o TCA assinado é o código do imóvel no CAR.

Esta informação utilizada na pesquisa não é um dado de natureza pública e, por isso, foi necessário enviar um ofício para a SEMAPI-AC (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Acre) para que se pudesse ter acesso às informações apresentadas (Anexo I). Os dados de imóveis rurais com o TCA assinado são utilizados para diferenciar imóveis rurais que fizeram adesão ao PRA dos imóveis que não fizeram a adesão ao supramencionado programa. A seguir é

apresentada imagem da listagem, disponibilizada pela SEMAPI dos imóveis que assinaram o Termo de Compromisso Ambiental (Figura 29).

DADOS DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL - CAR DE COMPROMISSO FIRMADO		TERMO
ANO	REGISTRO NO CAR	
2014	AC-1200385-212B781D86EE41F88E15CFA074435DA2	
2014	AC-1200138-992F399F06B14CDA923A4A55ED5DD144	
2014	AC-1200013-9C210CFA2C8B4A3FA7D3A0E56C38BAF4	
2014	AC-1200013-781CA7F7D60C4CBEB1D3702FA4CDD17E	
2015	AC-1200450-191540ED60DB4276AC432FD113B55986	
2015	AC-1200302-8DBA7CEF91D541ECA159DE6819EB1441	
2015	AC-1200401-0583AC38B12D4A748FE6B4C60ADCAB0D	
2015	AC-1200500-20C42354042C412488FB590CE4DDC69B	
2015	AC-1200203-583776280F39409780E0019DF18FB1C7	
2015	AC-1200013-050FDB2A9AD747C7A4AE8F6885302094	
2015	AC-1200401-301EEA4FBA2B453A9791F6CCB43CE5BC	
2015	AC-1200013-C7189050A3A344B699AD119DD8F6EE56	
2015	AC-1200013-43D778690BDB4E24B7984282D0C66640	
2015	AC-1200013-A7EB5D196D9F4845A7C1B1B9BE8FF8BE	
2015	AC-1200013-BF3D929BBE96454898319DA3216F4364	
2015	AC-1200500-6E83182AF05C4F27AA0941FEEAA7B572	
2015	AC-1200609-51535E2CF4D249BDA1882E68E31861F0	
2015	AC-1200203-73DA1CE2664D4F319C74AB897D80AD96	
2015	AC-1200401-90286D284AA34FD1A6EE784F5A5DF2DA	

Figura 29 – Exemplo da listagem de imóveis rurais cadastrados no CAR que possuem o termo de compromisso ambiental (TCA) assinado no estado do Acre.

Fonte: SEMAPI-AC (2023).

O Quadro 1 apresenta as informações geográficas utilizadas na pesquisa, a categoria dos dados, a instituição responsável pela coleta dos dados e os locais de *download*.

Quadro 1 – Análise das informações geográficas utilizadas como dado secundário na pesquisa.

Informação Geográfica	Categoria do Dado	Instituição Responsável	Local de Download
Imóveis rurais do CAR (SICAR)	Dado público	Serviço Florestal Brasileiro (SFB)	https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index
Incremento anual de desmatamento (PRODES)	Dado público	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/
Focos de queimadas (BdQueimadas)	Dado público	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas
Alertas de degradação ambiental (DETER)	Dado público	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/
Embargos ambientais federais (IBAMA)	Dado público	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/termos-de-embargo
Listagem de imóveis com TCA assinados	Dado restrito	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas (SEMAPI-AC)	Disponibilizado pela SEMAPI-AC

Fonte: Elaboração própria.

3.4.2. Dados primários utilizados na pesquisa

Na presente pesquisa, os dados primários utilizados foram coletados através das análises espaciais e estatísticas e das entrevistas semiestruturadas. As análises espaciais e estatísticas visam quantificar as contribuições do PRA para a redução de desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais em imóveis do CAR, enquanto as entrevistas semiestruturadas tem objetivo de complementar os resultados obtidos pelas análises espaciais e estatísticas.

- **Dados coletados por análises espaciais**

A análise espacial é um campo de estudo que envolve a aplicação de técnicas de processamento de dados espaciais e estatística, para compreender a distribuição espacial de fenômenos em um determinado espaço geográfico. Segundo Câmara, Monteiro, Fucks, & Carvalho (2004), a análise espacial pode ser definida como um

conjunto de métodos e técnicas para estudar padrões e processos espaciais, usando como base dados georreferenciados. A análise espacial é amplamente utilizada em diferentes áreas do conhecimento, como na geografia, ciências ambientais, saúde, planejamento e geologia, permitindo identificar padrões, tendências e relações espaciais entre diferentes variáveis, auxiliando os processos de tomada de decisão, planejamento e prestação de serviços, em diversos setores da sociedade.

Para coletar os dados primários, através de análises espaciais foi necessário realizar o relacionamento dos dados espaciais de imóveis rurais do CAR, com dados espaciais de incremento anual de desmatamento (PRODES), focos de queimadas (BdQueimadas), alertas de degradação ambiental (DETER) e embargos ambientais federais (IBAMA). Dessa forma, os dados primários coletados através de análises espaciais, são:

- a) Incremento anual de desmatamento (PRODES), em imóveis rurais do CAR;
- b) Focos de queimadas (BdQueimadas), em imóveis rurais do CAR;
- c) Alertas de degradação ambiental (DETER), em imóveis rurais do CAR;
- d) Embargos ambientais federais (IBAMA), em imóveis rurais do CAR;

- **Dados coletados por entrevistas semiestruturadas**

A aplicação das entrevistas semiestruturadas passa pela seleção de atores chave, representativos na implementação do PRA e CAR. Por meio das entrevistas semiestruturadas temáticas, foram coletados os depoimentos de diferentes atores envolvidos no PRA e CAR, são eles:

- a) Gestores públicos envolvidos na política de regularização ambiental (4);
- b) Servidores públicos e técnicos envolvidos na regularização ambiental (3);
- c) Especialistas em gestão ambiental e territorial envolvidos na regularização ambiental (5).
- d)

3.5. Análise dos dados

Com as informações geográficas inseridas no banco de dados, são realizados os cruzamentos espaciais visando relacionar os dados dos imóveis rurais com os dados de desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e

embargos ambientais. Os cruzamentos espaciais realizados resultam na elaboração de tabelas que integram dados dos imóveis rurais com suas condições ambientais, as quais são utilizadas para realizar análises estatísticas que visam avaliar em que medida o PRA está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais nos imóveis rurais brasileiros, utilizando o Acre como estudo de caso. As entrevistas realizadas identificam os impactos do PRA e do CAR nas condições ambientais e socioeconômicas, dos imóveis rurais brasileiros, e desafios e oportunidades para implementar a regularização ambiental no Brasil (Figura 30).

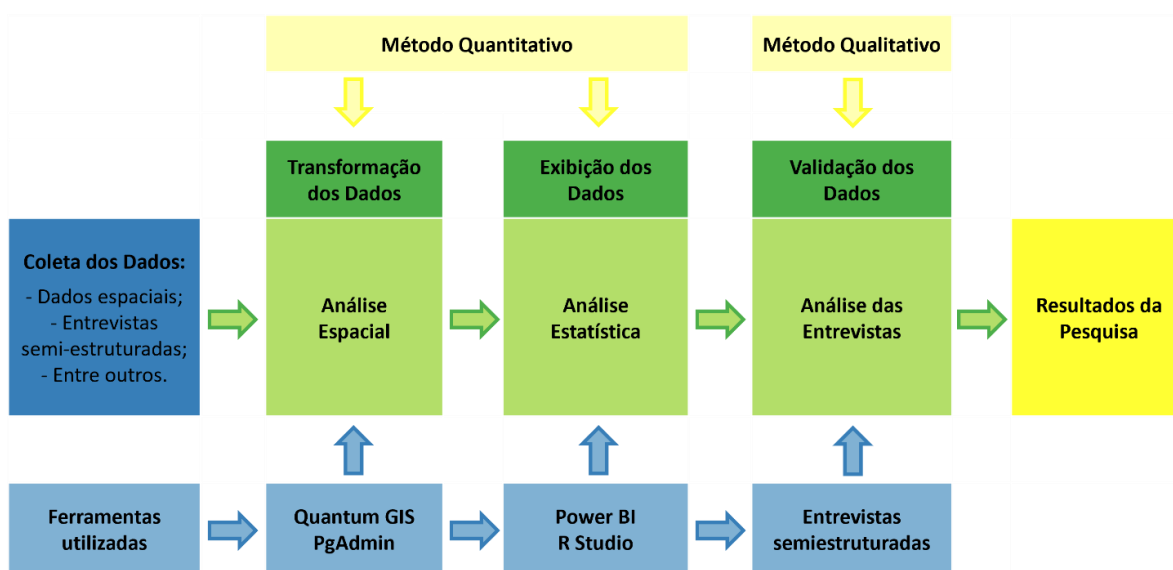


Figura 30 –Principais etapas, de análise dos dados, realizadas para obter os resultados da pesquisa.
Fonte: Elaboração própria

Após realizar as análises utilizando os métodos quantitativos e qualitativos são obtidos os resultados da pesquisa. A seguir, são apresentados os procedimentos aplicados para realizar as análises espaciais, estatísticas e das entrevistas, de forma detalhada, demonstrando os caminhos percorridos pela pesquisa para obtenção dos resultados.

3.5.1. Análise espacial

Para realizar a inserção das informações no banco de dados da pesquisa, foi utilizado o plugin *DBManager* do software *Quantum GIS* (Figura 31). Entretanto, cabe ressaltar que os cruzamentos de dados espaciais não são realizados utilizando

o software *Quantum GIS*, que também possui ferramentas de análise espacial. Na presente pesquisa, o QGIS foi utilizado somente para inserir as informações no banco de dados da tese e elaborar os mapas apresentados.

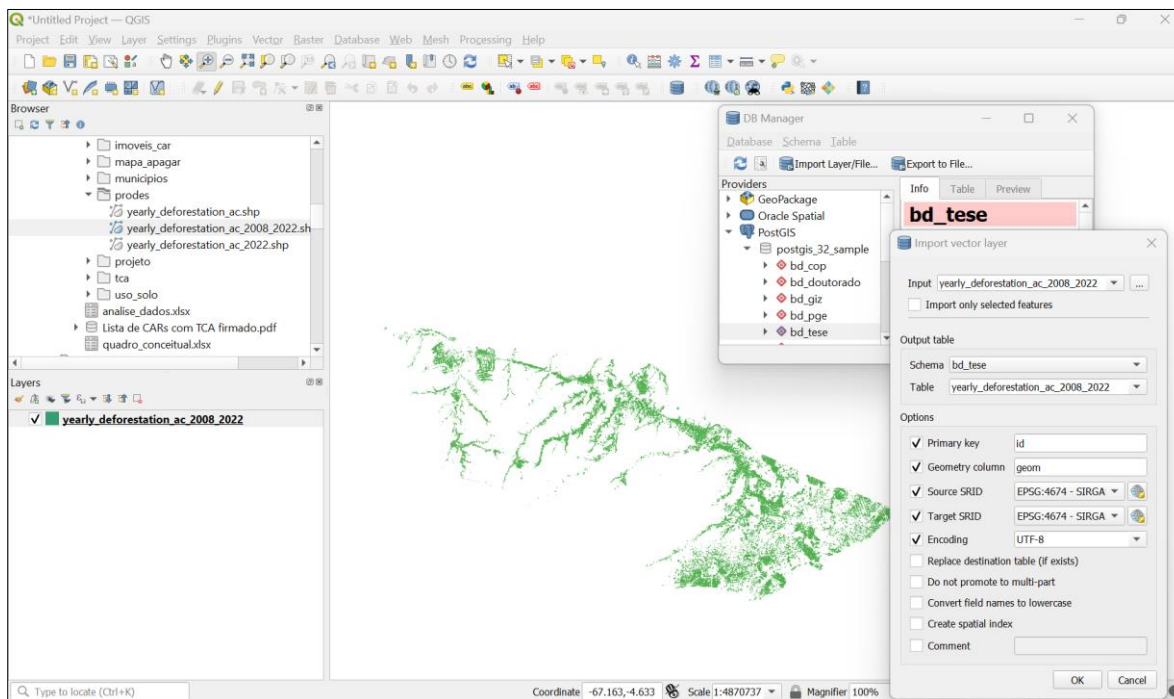


Figura 31 – Inserção das informações de incrementos anuais de desmatamentos, no banco de dados da pesquisa, com o uso do plugin DBManager, do QGIS.

Fonte: Elaboração própria

Para realizar os cruzamentos espaciais dos dados da pesquisa, foi utilizado o software *PgAdmin*. A utilização do *PgAdmin* permite que os cruzamentos espaciais realizados na pesquisa sejam automatizados. Isto significa que, com a execução de um código, baseado em linguagem SQL, todos os cruzamentos espaciais utilizados na pesquisa, são realizados de forma automática. Destaca-se, com isso, que o uso do *PgAdmin* e da linguagem SQL para realizar análises espaciais automatizadas, permite que estas análises sejam realizadas periodicamente (para a atualização dos dados) ou em outras unidades da federação, de forma eficiente e padronizada.

O primeiro cruzamento de dados espaciais realizado tem objetivo de analisar os incrementos anuais de desmatamento (PRODES) que fazem sobreposição com os imóveis rurais cadastrados no CAR. Utilizando a geometria dos desmatamentos e dos imóveis rurais, como fator comum entre as duas informações, são relacionadas as informações dos incrementos anuais de desmatamentos e imóveis rurais do CAR, permitindo a análise das áreas desmatadas (hectares), por imóvel rural (Figura 32).

No passo 2, da Figura 32, é realizado o cálculo do percentual de área desmatada em imóveis rurais do CAR por ano, multiplicando a área de desmatamento identificada por cem e dividindo o resultado pela área do imóvel rural registrado no CAR.

Este mesmo procedimento foi utilizado para relacionar os dados de alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais (os quais também possuem a geometria de polígono) com os imóveis rurais do CAR.

```
-- Passo 1: Identificação das áreas de desmatamento em imóveis rurais do CAR

CREATE TABLE bd_tese.dw_analise_prodes (cod_imovel VARCHAR (254) NOT NULL, ano_prodes
NUMERIC NULL, area_ha_desmatamento NUMERIC NULL, geom GEOMETRY NOT NULL);

INSERT INTO bd_tese.dw_analise_prodes (cod_imovel, ano_prodes, area_ha_desmatamento, geom)

SELECT cod_imovel, ano_prodes, (SUM(ST_Area(ST_Transform(geom_intersect,102033))/10000)) as
area_ha_desmatamento, ST_Union(geom_intersect) as geom

FROM (

SELECT b.cod_imovel, a.year as ano_prodes, st_intersection(b.geom, a.geom) geom_intersect

FROM bd_tese.sa_prodes a join bd_tese.sa_imoveis_car b ON a.geom && b.geom AND
ST_Intersects(b.geom, a.geom) where 1=1 and ST_IsValid(a.geom) is true ) foo

GROUP BY 1,2;

-- Passo 2: Junção dos dados de imóveis do CAR com os dados de desmatamento e cálculo do
percentual de área desmatada por imóvel do CAR

CREATE TABLE bd_tese.dw_analise_prodes_final (cod_imovel VARCHAR (254) NOT NULL, num_area
NUMERIC NOT NULL, mf VARCHAR (254) NOT NULL, geom GEOMETRY NOT NULL, ano_termo_assinado
VARCHAR (254) NULL, tca_assinado VARCHAR (254) NULL, ano_prodes NUMERIC NULL,
area_ha_desmatamento NUMERIC NULL, percentual_desmatamento NUMERIC NULL);

INSERT INTO bd_tese.dw_analise_prodes_final (cod_imovel, num_area, mf, geom,
ano_termo_assinado, tca_assinado, ano_prodes, area_ha_desmatamento, percentual_desmatamento)

SELECT a.cod_imovel, a.num_area, a.mf, a.geom, b.ano as ano_termo_assinado, CASE WHEN b.ano IS
NOT NULL THEN 'True' ELSE 'False' END AS tca_assinado, c.ano_prodes, c.area_ha_desmatamento,
c.area_ha_desmatamento*100/a.num_area as percentual_desmatamento

FROM bd_tese.sa_imoveis_car a left join bd_tese.sa_tca b ON a.cod_imovel = b.cod_imovel left join
bd_tese.dw_analise_prodes c ON a.cod_imovel = c.cod_imovel

GROUP BY 1,2,3,4,5,6,7,8,9;
```

Figura 32 – Código SQL utilizado para relacionar os dados de incrementos anuais de desmatamento (PRODES) e imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria

O último cruzamento de dados espaciais realizado na pesquisa tem objetivo de analisar os focos de queimadas (BdQueimadas) que fazem sobreposição com os imóveis rurais cadastrados no CAR. Utilizando a geometria dos focos de queimadas (ponto) e dos imóveis do CAR (polígono) se identifica a quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR por ano (Figura 33).

```

-- Passo 1: Identificação dos focos de queimada em imóveis rurais do CAR

CREATE TABLE bd_tese.dw_analise_queimada (cod_imovel VARCHAR (254) NOT NULL, ano_queimada
NUMERIC NULL, soma_focos_queimada NUMERIC NULL);

INSERT INTO bd_tese.dw_analise_queimada (cod_imovel, ano_queimada, soma_focos_queimada)

SELECT b.cod_imovel, a.year as ano_queimada, count(a.id) AS soma_focos_queimadas

FROM bd_tese.sa_queimada a join bd_tese.sa_imoveis_car b on ST_Within(a.geom, b.geom)

GROUP BY 1,2;

-- Passo 2: Junção dos dados de imóveis do CAR com os dados de focos de queimada e cálculo da
quantidade de focos de queimada por imóvel do CAR

CREATE TABLE bd_tese.dw_analise_queimada_final ( cod_imovel VARCHAR (254) NOT NULL,
num_area NUMERIC NOT NULL, mf VARCHAR (254) NOT NULL, geom GEOMETRY NOT NULL,
ano_termoassinado VARCHAR (254) NULL, tcaassinado VARCHAR (254) NULL, ano_queimada
NUMERIC NULL, soma_focos_queimada NUMERIC NULL );

INSERT INTO bd_tese.dw_analise_queimada_final (cod_imovel, num_area, mf, geom,
ano_termoassinado, tcaassinado, ano_queimada, soma_focos_queimada)

SELECT a.cod_imovel, a.num_area, a.mf, a.geom, b.ano as ano_termoassinado, CASE WHEN b.ano IS
NOT NULL THEN 'True' ELSE 'False' END AS tcaassinado, c.ano_queimada, c.soma_focos_queimada

FROM bd_tese.sa_imoveis_car a left join bd_tese.sa_tca b ON a.cod_imovel = b.cod_imovel left join
bd_tese.dw_analise_queimada c ON a.cod_imovel = c.cod_imovel

GROUP BY 1,2,3,4,5,6,7,8;

```

Figura 33 – Código SQL utilizado para relacionar os dados de focos de queimadas (BdQueimadas) e imóveis rurais do CAR (com e sem TCA assinado).

Fonte: Elaboração própria

Conforme mencionado, as análises espaciais utilizam a geometria dos dados (localização), como fator comum, permitindo relacionar os incrementos anuais de desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, com os imóveis rurais cadastrados no CAR (Figura 34). Ao final das análises espaciais são aplicados os métodos estatísticos visando avaliar a tendência e o cenário futuro dos desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre.

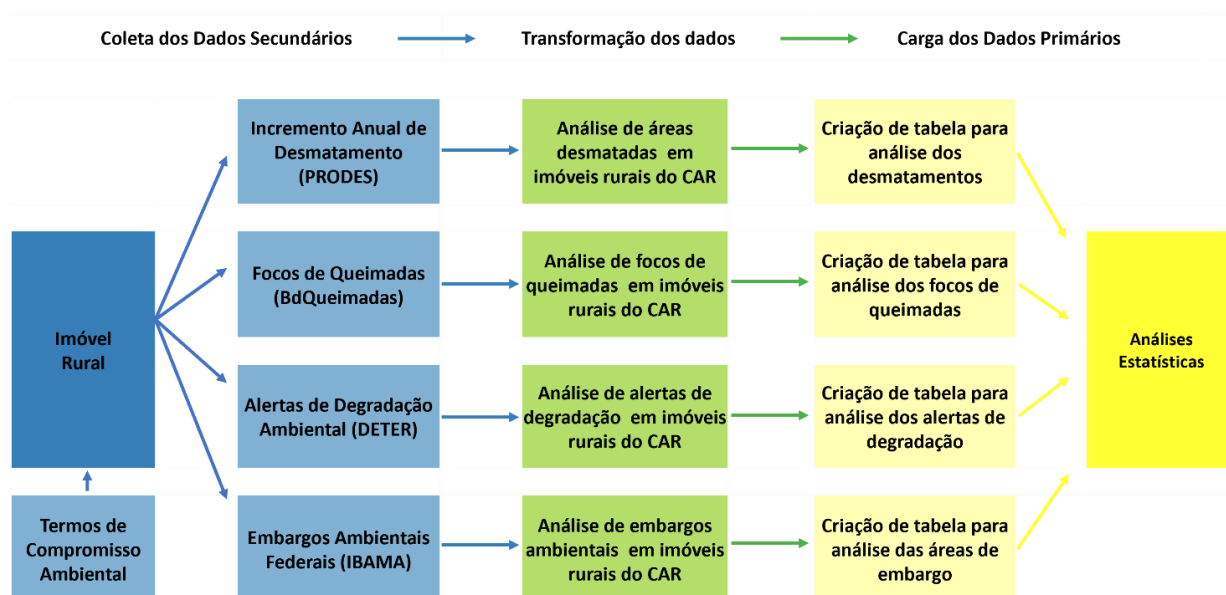


Figura 34 – Procedimentos utilizados para realizar as análises espaciais da pesquisa.

Fonte: Elaboração própria

As Figuras 35 e 36 apresentam os dados geográficos utilizados na pesquisa, antes e depois das transformações dos dados (análise espacial), respectivamente.

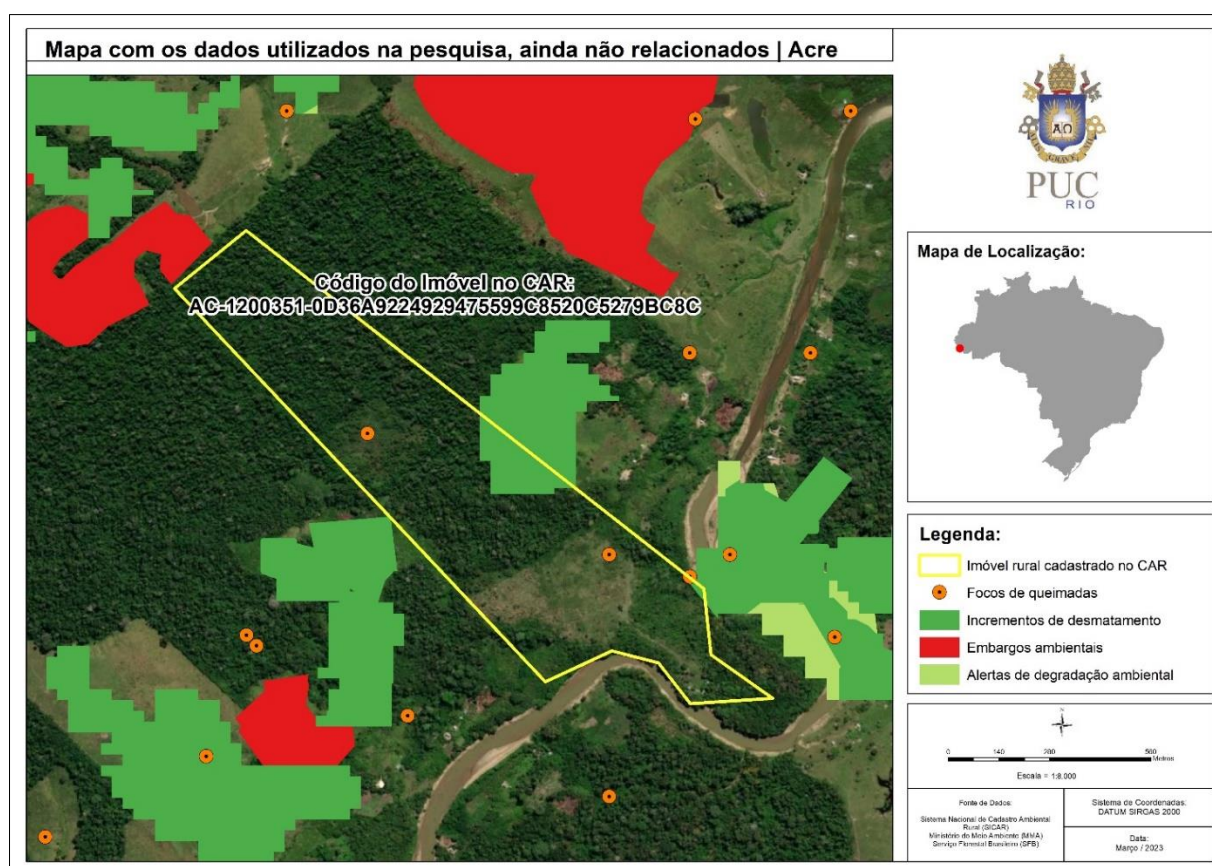


Figura 35 – Mapa com os dados utilizados na pesquisa, antes das análises espaciais.

Fonte: Elaboração própria

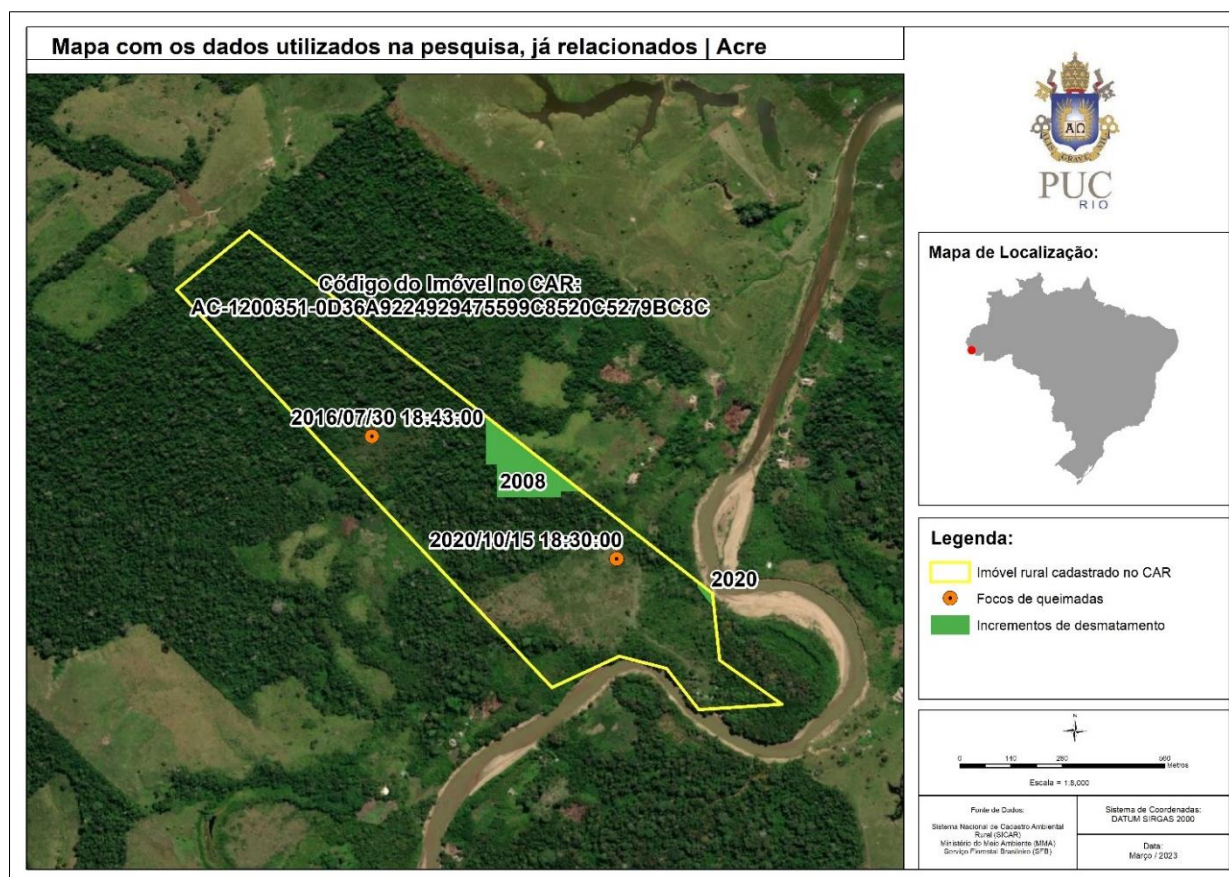


Figura 36 – Mapa com os dados utilizados na pesquisa, após as análises espaciais.
Fonte: Elaboração própria

3.5.2. Análise estatística

As análises estatísticas utilizadas, visam identificar a tendência e cenário futuro de todas as variáveis analisadas supracitadas nos imóveis rurais do CAR que possuem o TCA assinado e aderiram ao PRA, bem como nos imóveis rurais que não possuem o TCA assinado e não aderiram ao PRA, indicando se a tendência das ocorrências é crescente, estável ou decrescente. Através destas análises de tendência e cenário futuro das séries temporais de dados ambientais, o estudo busca responder em que medida o PRA do CAR está contribuindo na redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, a partir da exemplificação do que ocorre no estado do Acre.

A primeira análise estatística realizada é o cálculo da média do percentual de área desmatada em imóveis do CAR por ano. Para calcular este valor é necessário somar os percentuais de área desmatada nos imóveis rurais por ano e dividir pela

quantidade de imóveis rurais do CAR analisados. Após a coleta destas informações, o estudo realiza as análises de tendência (utilizando os métodos de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall) e preditiva (utilizando o método de suavização exponencial).

Os métodos utilizados para realizar as análises de tendência e preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR são, então, replicados para analisar as outras variáveis, as quais também possuem geometria de polígono. Como os dados espaciais de focos de queimadas possuem a geometria de ponto, ao invés de calcular a média dos percentuais de área, foi calculada a média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR por ano. A seguir, é apresentado o detalhamento dos métodos estatísticos elaborados para cada variável¹².

- **Análise da tendência dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR**

Neste tópico são descritos os métodos utilizados para analisar a tendência de desmatamentos em imóveis rurais do CAR por ano. Os principais métodos usados na pesquisa são: cálculo da média dos percentuais de área desmatada nos imóveis por ano; análise de tendência das médias dos percentuais de área desmatada nos imóveis por ano, utilizando o método de regressão linear simples; e Teste de Mann-Kendall para análise da significância e magnitude da tendência do desmatamento. Estas análises têm objetivo de comparar a tendência do desmatamento em imóveis rurais que assinaram o TCA e aderiram ao PRA com imóveis que não assinaram o TCA e não aderiram ao PRA.

Além disso, a pesquisa analisa a tendência dos desmatamentos, em imóveis rurais do CAR, por tamanho dos imóveis (módulos fiscais), que são classificados em minifúndio (menor que 1 módulo fiscal), pequena propriedade (de 1 a 4 módulos fiscais), média propriedade (de 4 a 15 módulos fiscais) e grande propriedade (maior que 15 módulos fiscais).

- a) Média dos percentuais de área desmatada, em imóveis rurais, por ano

¹² Os métodos utilizados para analisar a tendência dos alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais não foram apresentados, uma vez que são iguais aos métodos utilizados para analisar a tendência dos desmatamentos.

O cálculo da média dos percentuais de área desmatada visa resumir os percentuais de desmatamentos identificados. Para calcular este valor é necessário somar os percentuais de área desmatada em imóveis do CAR, de cada ano, e dividir pela quantidade de imóveis analisados. A fórmula usada para calcular a média dos percentuais de área desmatada, em imóveis rurais do CAR, por ano, é:

$$\text{Média dos \% de área desmatada} = \Sigma \text{ dos \% de área desmatada} / \text{qtd. de imóveis}$$

A fórmula mencionada acima é aplicada para calcular a média dos percentuais de área desmatada em imóveis rurais do CAR por ano. Para realizar os cálculos descritos, foi utilizada a ferramenta *Power Query*, do software *Power BI*. Os valores obtidos são utilizados para identificar a tendência dos desmatamentos através dos métodos de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall. A regressão linear simples é utilizada para identificar visualmente a linha de tendência, enquanto os valores obtidos pelo teste de Mann-Kendall identificam se a tendência é crescente, decrescente ou nula, analisando a sua significância e magnitude.

b) Método de Regressão Linear Simples para análise da linha de tendência dos desmatamentos

Na presente pesquisa, o método de regressão linear simples é utilizado para identificar visualmente a linha de tendência dos desmatamentos ao longo dos anos. Para identificar a linha de tendência dos desmatamentos utilizando o método de regressão linear simples, foi usada a seguinte fórmula (Figura 37):

$Y = aX + B$ <p>onde: "y" é a média percentual de área desmatada; "x" é a variável temporal (anos); "a" é o coeficiente angular da reta.</p>

Figura 37 – Fórmula utilizada para realizar a regressão linear simples.
 Fonte: (SANTOS V. D., 2016)

c) Teste de Mann-Kendall para análise da tendência do desmatamento

Em análises de tendências de séries temporais de informações ambientais, o teste não paramétrico de Mann-Kendall é utilizado para avaliar a tendência de uma variável, ao longo do tempo, identificando a significância estatística da direção e a magnitude da tendência.

A Figura 38, demonstra as fórmulas que são utilizadas para realizar o teste de Mann-Kendall (Ibid.). No presente estudo é utilizado o software *R Studio* para fazer os cálculos do teste de Mann Kendall. A biblioteca “trend”, a qual é disponibilizada pelo software *R Studio*, foi utilizada para realizar os cálculos de forma automática.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k)$$

A função *sign* é definida por:

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{se } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{se } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

Por sua vez, a variância de S, representada por [VAR(S)], é definida pela fórmula:

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Caso haja repetição de dados na série histórica, [VAR(S)] fica sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)]$$

Sendo que g o número de grupo com dados repetidos, t_p representa o número de dados no p-ésimo grupo. Portanto, S e VAR(S) são utilizados para o cálculo da estatística Z:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{VAR}(S)]^{\frac{1}{2}}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{[\text{VAR}(S)]^{\frac{1}{2}}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Figura 38 – Fórmula utilizada para realizar o teste de Mann-Kendall.
Fonte: (SANTOS V. D., 2016)

Ao final dos cálculos, o teste de Mann-Kendall disponibiliza variáveis para a análise da tendência. As variáveis Kendall's Tau e S indicam a direção da tendência (se positivos a tendência é crescente e se negativos a tendência é decrescente), Sen's Slope indica a magnitude da tendência e P-value indica a significância da tendência (se P-value for maior que 0.05 a tendência é considerada nula - baixa significância).

- **Análise preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR**

Para realizar as análises preditivas, utilizando dados de séries temporais, foi aplicado o método de Suavização Exponencial (*Exponential Smoothing*), o qual é usado para prever os valores futuros de uma série através da média ponderada dos

valores passados, onde os pesos dados aos valores diminuem exponencialmente à medida que se avança no tempo (BISOGNIN & WERNER, 2018). Com isso, este método atribui maior ênfase aos últimos valores obtidos na série temporal realizando a ponderação exponencial dos mesmos (Ibid.)

O algoritmo foi implementado nos dados da pesquisa utilizando a ferramenta de análise denominada Previsão (*Forecast*), do software Power BI. Com o uso desta ferramenta foi realizada a previsão dos desmatamentos em imóveis com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos. Cabe ressaltar que a ferramenta de Previsão do software Power BI utiliza tanto o componente de tendência quanto o componente sazonal para realizar as análises preditivas.

Conforme demonstrado nas Figuras 2 e 21, houve o aumento considerável das taxas de desmatamento na Amazônia brasileira e no estado do Acre nos últimos 4 anos. Este intervalo corresponde ao período do último governo federal, que segundo Messias et al. (2021) tem sido criticado por tomar posições contra os movimentos de conservação ambiental e por afrouxar licenças ambientais, ocasionado aumento de grilagem de terras, mineração ilegal, exploração madeireira predatória e invasões em áreas protegidas. Assim, com o objetivo de aprimorar a acurácia das análises e dar maior ênfase aos últimos 4 anos, foi aplicado como fator de sazonalidade o valor 4 para as análises preditivas por suavização exponencial.

- **Análises de tendência e preditiva dos focos de queimada em imóveis rurais do CAR**

Neste tópico são descritos os métodos utilizados para analisar a tendência de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR. Como a geometria da informação de focos de queimada é pontual, isto é, estabelecida a partir de uma representação que se estabelece em coordenadas xy simples, foi necessário utilizar o cálculo da quantidade de focos de queimadas nos imóveis rurais (detalhado no subitem 3.5.1), para obter a média dos focos de queimadas em imóveis do CAR por ano. A média dos focos de queimadas em imóveis do CAR, por ano, foi calculada utilizando o software *Power BI*, através da seguinte fórmula:

$$\text{Média dos focos de queimadas} = \Sigma \text{ dos focos de queimadas} / \text{qtd. de imóveis}$$

Da mesma forma como anunciado anteriormente, estes valores são utilizados para realizar as análises de tendência (método de regressão linear simples e teste de

Mann-Kendall) e análise preditiva (método de suavização exponencial) dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR.

3.5.3. Análise das entrevistas semiestruturadas

Para realizar as entrevistas semiestruturadas da pesquisa foram selecionados atores de diferentes estados brasileiros, como por exemplo o Acre, Pará, Distrito Federal, Goiás, entre outros. Ao todo foram realizadas 12 entrevistas com gestores públicos (4), servidores públicos e técnicos (3) e especialistas em gestão territorial (5). Todos os entrevistados possuem amplo conhecimento sobre o CAR e o PRA, e podem contribuir de forma significativa para o desenvolvimento da pesquisa.

As informações das entrevistas semiestruturadas foram coletadas através de trabalhos de campo, videoconferências e troca de e-mails. As perguntas realizadas durante as entrevistas são amplas e abertas, permitindo aos entrevistados mencionar diferentes fatores que considerem relevantes (Anexo 2). Estes fatores mencionados são estudados e analisados, a fim de identificar os impactos do CAR e do PRA nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais brasileiros, e desafios e oportunidades para a implementação da regularização ambiental no Brasil.

4. O Programa de Regularização Ambiental do Cadastro Ambiental Rural: contribuições para a mitigação de problemas ambientais e embargos ambientais federais nos imóveis rurais brasileiros

O item 4 da pesquisa tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos a partir das análises quantitativas (espaciais e estatísticas) e qualitativas (entrevistas semiestruturadas), que avaliam as contribuições do PRA na mitigação de problemas ambientais e embargos ambientais federais nos imóveis rurais brasileiros.

Assim, nas subseções 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 são apresentados os resultados obtidos pelas análises quantitativas, que buscam avaliar em que medida o PRA está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre, respectivamente. Na subseção 4.5 é apresentada a síntese das análises quantitativas. Na subseção 4.6 são apresentados os resultados obtidos pelas análises qualitativas. Por último, na subseção 4.7, o estudo propõe a implementação de um sistema de monitoramento usando as informações geográficas e análises utilizadas na pesquisa.

4.1. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução dos desmatamentos nos imóveis rurais do Acre

Com o objetivo de analisar a dinâmica dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR, no estado do Acre, foi calculada a média de percentuais de desmatamento em imóveis por ano. A seguir (Figura 39), é possível identificar o aumento da média dos percentuais de desmatamento nos últimos 4 anos.

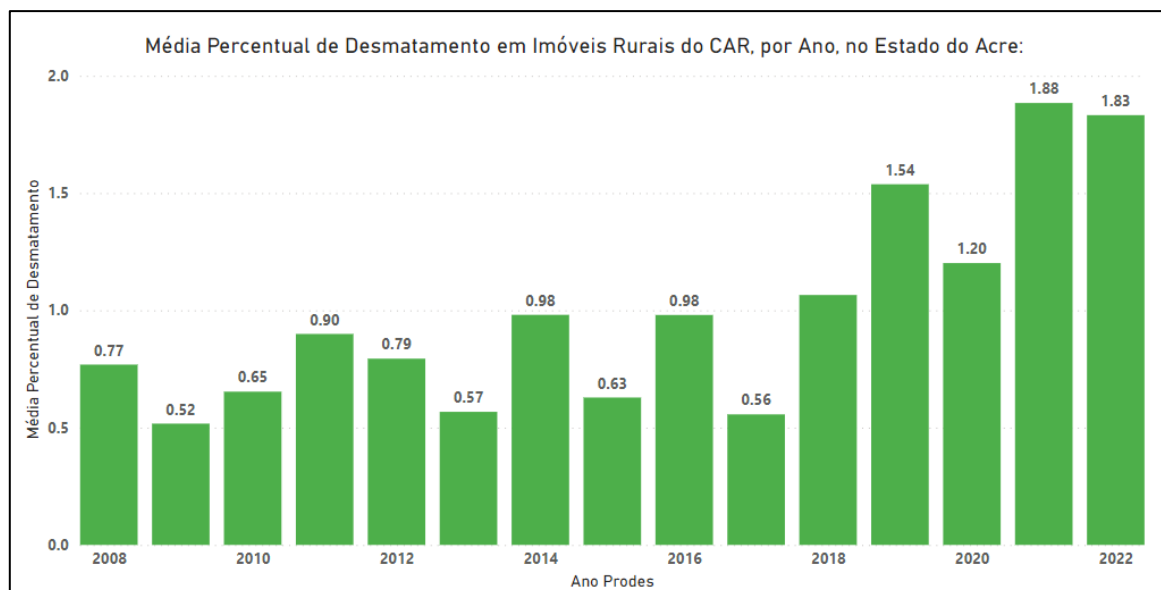


Figura 39 – Média percentual das taxas de desmatamento em imóveis do CAR, no estado do Acre (2008 – 2022).

Fonte: Elaboração própria.

Assim, foram realizadas as análises de tendência (método de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall) e preditiva (método por suavização exponencial) utilizando a média de percentuais de desmatamento em imóveis por ano para avaliar direção, significância, magnitude e cenário futuro, dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR, com e sem TCA assinado, no estado do Acre. Destaca-se que tais análises também são realizadas separando os imóveis rurais do CAR por tamanho da propriedade, que são classificados em minifúndio (menor que 1 módulo fiscal), pequena propriedade (entre 1 e 4 módulos fiscais), média propriedade (entre 4 e 15 módulos fiscais) e grande propriedade (maior que 15 módulos fiscais).

4.1.1. Análise das taxas de desmatamento em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado

Em relação aos dados de imóveis rurais cadastrados no CAR, cabe ressaltar que foram analisados na pesquisa um total de 47.266 imóveis, sendo que 46.978 imóveis não apresentavam o TCA assinado e 288 imóveis apresentavam o TCA assinado (ainda que em diferentes anos). A Tabela 3 apresenta a quantidade de imóveis que assinaram o TCA por ano.

Tabela 3 – Quantidade de imóveis que assinaram o Termo de Compromisso Ambiental, por ano.

Ano de assinatura do TCA	Quantidade de imóveis
2014	4
2015	30
2016	23
2017	14
2018	67
2019	28
2020	19
2021	48
2022	56
Total	288

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 4 são apresentadas as informações contendo os anos dos desmatamentos (2008 – 2022), soma dos percentuais de desmatamentos em imóveis do CAR¹³, quantidade de imóveis do CAR analisados e média dos percentuais de desmatamentos em imóveis rurais do CAR¹⁴, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de desmatamentos, em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem o TCA assinado é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

¹³ É a soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR, por exemplo, se os imóveis A e B possuem 1%, 3%, respectivamente, a soma dos percentuais de desmatamento é $1 + 3 = 4\%$.

¹⁴ É a média dos percentuais de desmatamentos em imóveis do CAR, por exemplo, se os imóveis A e B possuem 1% e 3%, respectivamente, a média dos percentuais de desmatamento é $1 + 3 / 2 = 2\%$.

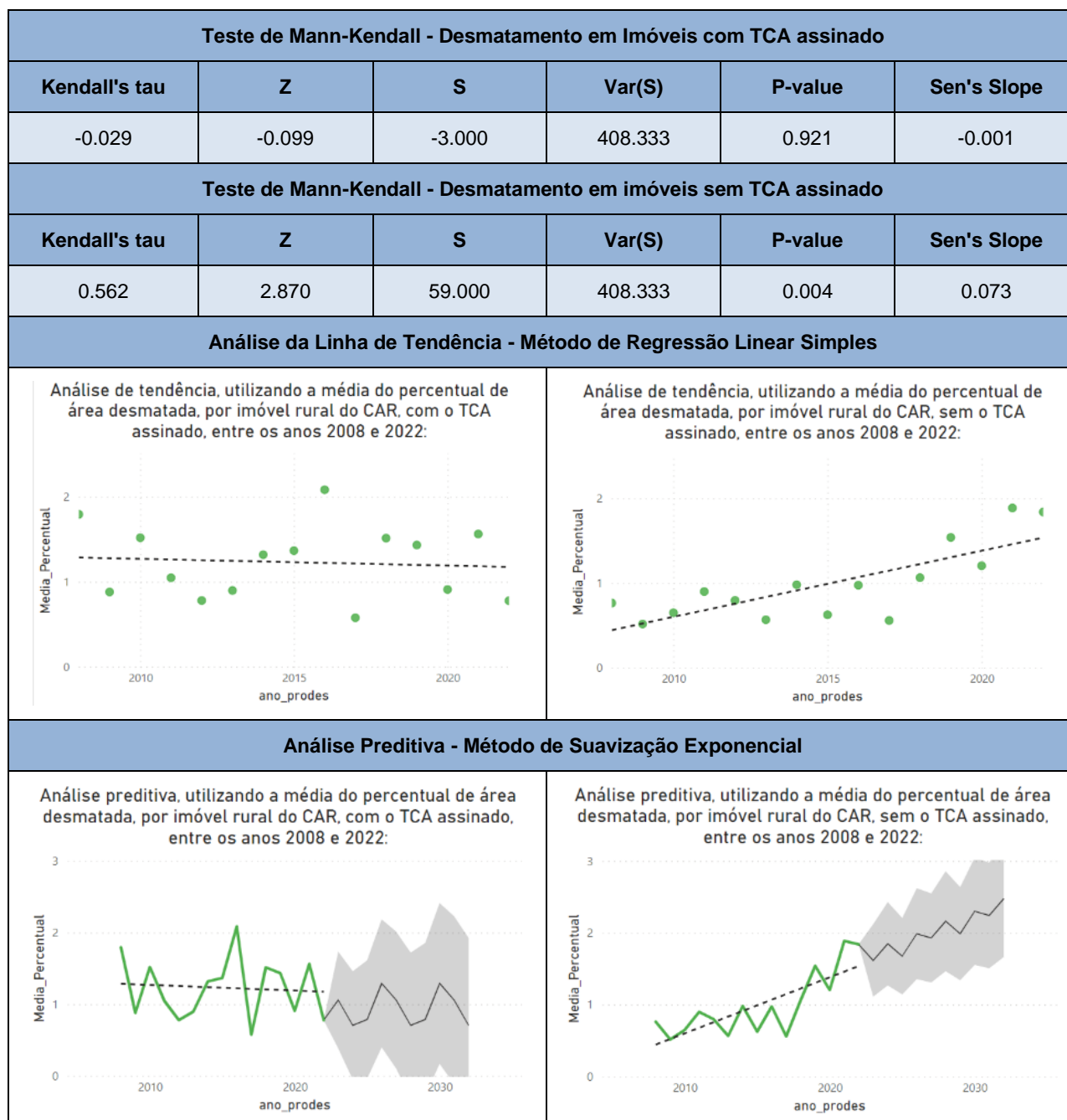
Tabela 4 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento, em imóveis rurais, com e sem TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR
2008	517.08	288	1.80	2008	35819.57	46978	0.76
2009	253.57	288	0.88	2009	24189.12	46978	0.51
2010	437.65	288	1.52	2010	30443.53	46978	0.65
2011	301.73	288	1.05	2011	42210.98	46978	0.90
2012	224.51	288	0.78	2012	37305.64	46978	0.79
2013	258.42	288	0.90	2013	26559.54	46978	0.57
2014	380.13	288	1.32	2014	45979.52	46978	0.98
2015	393.87	288	1.37	2015	29308.39	46978	0.62
2016	600.61	288	2.09	2016	45731.41	46978	0.97
2017	166.00	288	0.58	2017	26137.14	46978	0.56
2018	436.24	288	1.51	2018	49922.95	46978	1.06
2019	412.89	288	1.43	2019	72260.10	46978	1.54
2020	261.89	288	0.91	2020	56527.96	46978	1.20
2021	450.26	288	1.56	2021	88595.50	46978	1.89
2022	223.82	288	0.78	2022	86370.78	46978	1.84

Fonte: Elaboração própria.

Com o cálculo da média dos percentuais de desmatamento por ano, são analisadas as tendências, através dos métodos de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall, e os cenários futuros, através do método de suavização exponencial. As Tabelas 5 e 6 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 5 – Análise da tendência e cenário futuro, do desmatamento, em imóveis rurais, com e sem TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de desmatamento, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de desmatamento, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.78	1.84
2023	1.06	1.61
2024	0.71	1.85
2025	0.79	1.67
2026	1.29	1.99
2027	1.06	1.93
2028	0.71	2.16
2029	0.79	1.99
2030	1.29	2.30
2031	1.06	2.24
2032	0.71	2.47

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta decrescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é -3 (negativo), indicando tendência decrescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é -0.02 (valor negativo e próximo a 0), indicando tendência decrescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é -0.001 (negativo), indicando a magnitude da tendência, a qual é decrescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.9212 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027 é de 1.05%; para o ano de 2032 é de 0.70%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 59 (positivo), indicando uma tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.56 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.073 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.0041 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027, é de 1.92%; para o ano de 2032, é de 2.47%.
- 7)

4.1.2. Análise das taxas de desmatamento em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal

A Tabela 7 apresenta as informações contendo os anos dos desmatamentos, soma dos percentuais de desmatamentos, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de desmatamentos, dos imóveis rurais cadastrados no CAR, menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de desmatamentos, em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

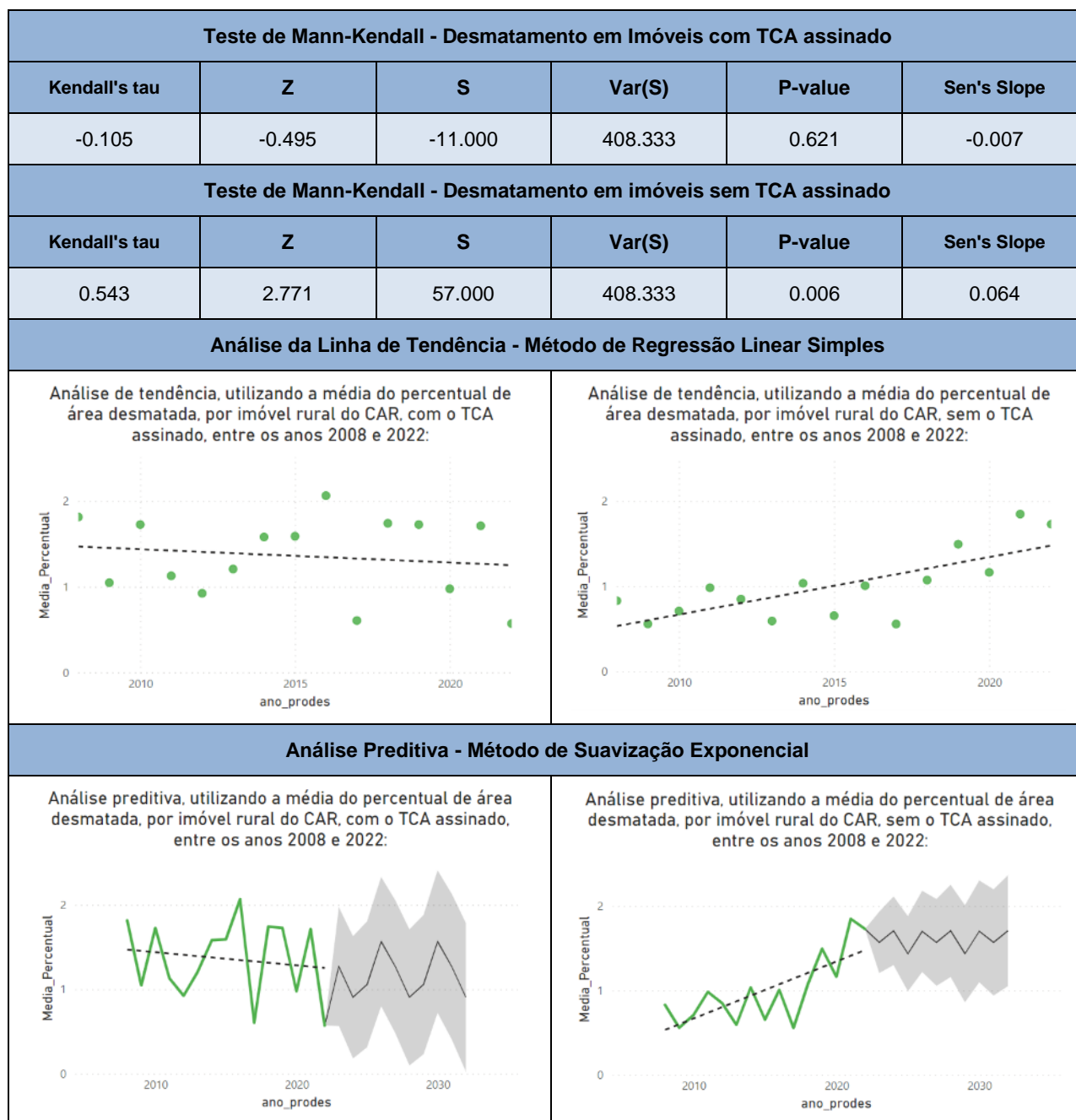
Tabela 7 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado (Menores que 1 MF)				Imóveis sem TCA assinado (Menores que 1 MF)			
Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR
2008	315.83	174	1.82	2008	30166.08	36412	0.83
2009	182.26	174	1.05	2009	20268.26	36412	0.56
2010	300.47	174	1.73	2010	25766.50	36412	0.71
2011	196.27	174	1.13	2011	35729.43	36412	0.98
2012	160.74	174	0.92	2012	30861.99	36412	0.85
2013	210.05	174	1.21	2013	21519.92	36412	0.59
2014	275.19	174	1.58	2014	37643.95	36412	1.03
2015	276.70	174	1.59	2015	23780.85	36412	0.65
2016	359.32	174	2.07	2016	36605.99	36412	1.01
2017	105.34	174	0.61	2017	20208.05	36412	0.55
2018	303.06	174	1.74	2018	39012.59	36412	1.07
2019	300.46	174	1.73	2019	54366.92	36412	1.49
2020	169.94	174	0.98	2020	42312.12	36412	1.16
2021	297.95	174	1.71	2021	67254.40	36412	1.85
2022	99.18	174	0.57	2022	62907.28	36412	1.73

Fonte: Elaboração própria.

Da mesma forma como apresentado no subitem anterior, foram realizadas as análises de tendência e os cenários futuros em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado no estado do Acre. As Tabelas 8 e 9 do estudo apresentam resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 8 – Análise da tendência e cenário futuro, do desmatamento, em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal, com e sem TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de desmatamento, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de desmatamento, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.57	1.73
2023	1.27	1.57
2024	0.90	1.71
2025	1.06	1.43
2026	1.56	1.70
2027	1.27	1.57
2028	0.90	1.71
2029	1.06	1.43
2030	1.56	1.70
2031	1.27	1.57
2032	0.90	1.71

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta decrescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é -11 (negativo), indicando tendência decrescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor Kendall's tau é -0.10 (negativo e próximo a 0), indicando tendência decrescente e baixa correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é -0.007 (negativo), indicando a magnitude da tendência, a qual é decrescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.6207 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027, é de 1.27%; para o ano de 2032, é de 0.90%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 57 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.54 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente e alta correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.064 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.005 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027, é de 1.57%; para o ano de 2032, é de 1.71%.

4.1.3. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem TCA assinado, de propriedades entre 1 e 4 módulos fiscais

A Tabela 10 apresenta as informações contendo os anos dos desmatamentos, soma dos percentuais de desmatamentos, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de desmatamentos em imóveis do CAR de 1 a 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

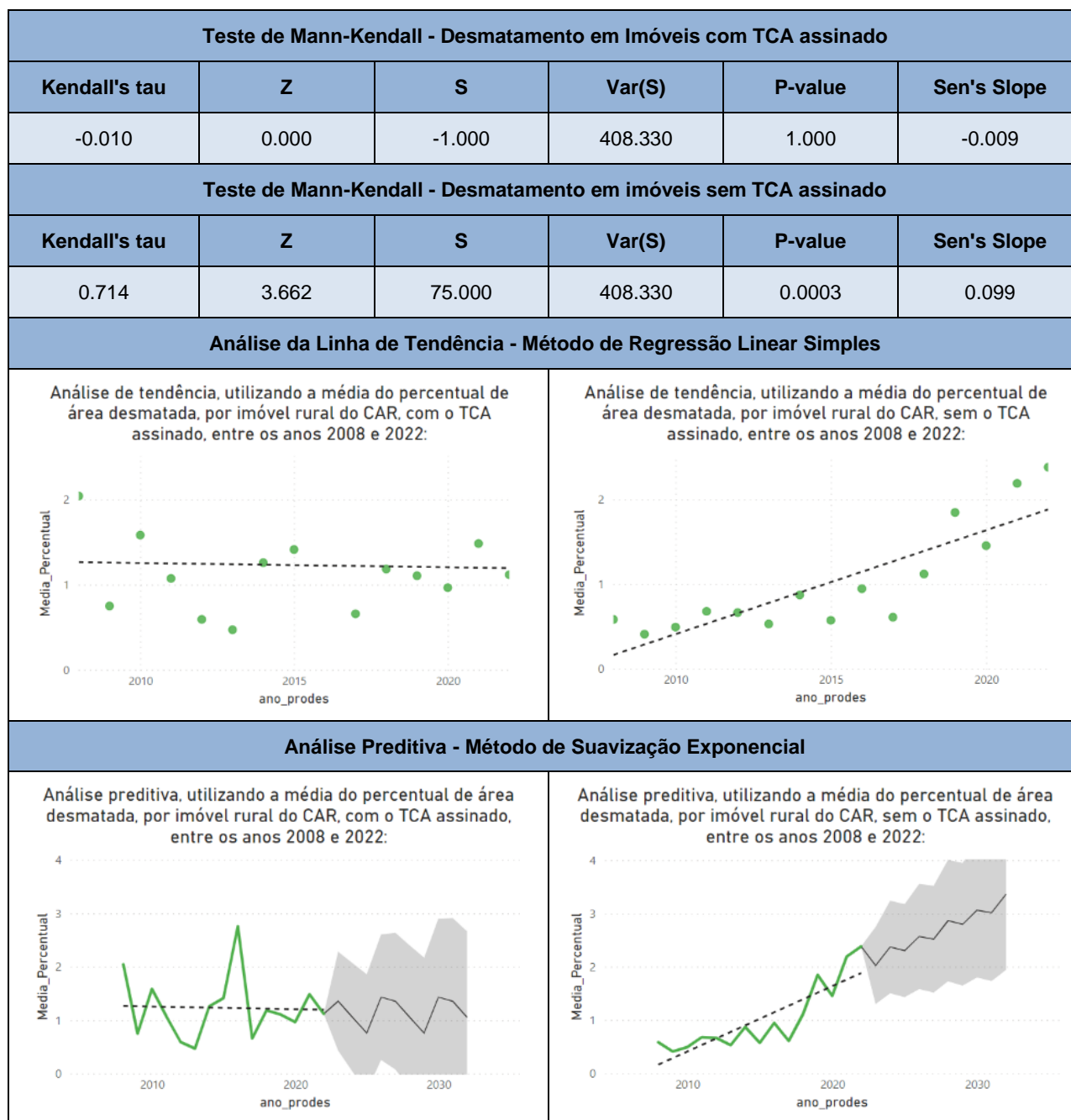
Tabela 10 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado (Entre 1 e 4 MF)				Imóveis sem TCA assinado (Entre 1 e 4 MF)			
Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR
2008	161.43	79	2.04	2008	5248.71	9039	0.58
2009	59.18	79	0.75	2009	3675.50	9039	0.41
2010	125.11	79	1.58	2010	4432.68	9039	0.49
2011	84.82	79	1.07	2011	6114.90	9039	0.68
2012	46.74	79	0.59	2012	5983.92	9039	0.66
2013	37.12	79	0.47	2013	4764.59	9039	0.53
2014	99.49	79	1.26	2014	7867.65	9039	0.87
2015	111.71	79	1.41	2015	5157.04	9039	0.57
2016	217.86	79	2.76	2016	8536.14	9039	0.94
2017	51.93	79	0.66	2017	5488.36	9039	0.61
2018	93.55	79	1.18	2018	10105.14	9039	1.12
2019	87.32	79	1.11	2019	16684.72	9039	1.85
2020	76.25	79	0.97	2020	13136.25	9039	1.45
2021	117.26	79	1.48	2021	19794.30	9039	2.19
2022	88.28	79	1.12	2022	21525.54	9039	2.38

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado, no estado do Acre, as Tabelas 11 e 12 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 11 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de desmatamento, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de desmatamento, em imóveis sem TCA assinado
2022	1.12	2.38
2023	1.36	2.02
2024	1.05	2.37
2025	0.76	2.30
2026	1.43	2.57
2027	1.36	2.52
2028	1.05	2.87
2029	0.76	2.80
2030	1.43	3.06
2031	1.36	3.01
2032	1.05	3.36

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta estável.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é -1 (negativo), indicando tendência decrescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor Kendall's tau é -0.010 (negativo e próximo a 0), indicando tendência decrescente e baixa correlação entre o tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é -0.009 (negativo), indicando a magnitude da tendência, a qual é decrescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor p-value é 1 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento, estimada para o ano de 2027, é de 1.36%; para o ano de 2032 é de 1.05%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 75 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.71 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente e alta correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.099 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.0002 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento, estimada para o ano de 2027, é de 2.52%; para o ano de 2032 é de 3.36%.

4.1.4. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais

A Tabela 13 apresenta os dados da soma dos percentuais de desmatamentos, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de desmatamentos, em imóveis rurais do CAR, entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado. A média dos percentuais de desmatamentos, em imóveis rurais do CAR, com e sem TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

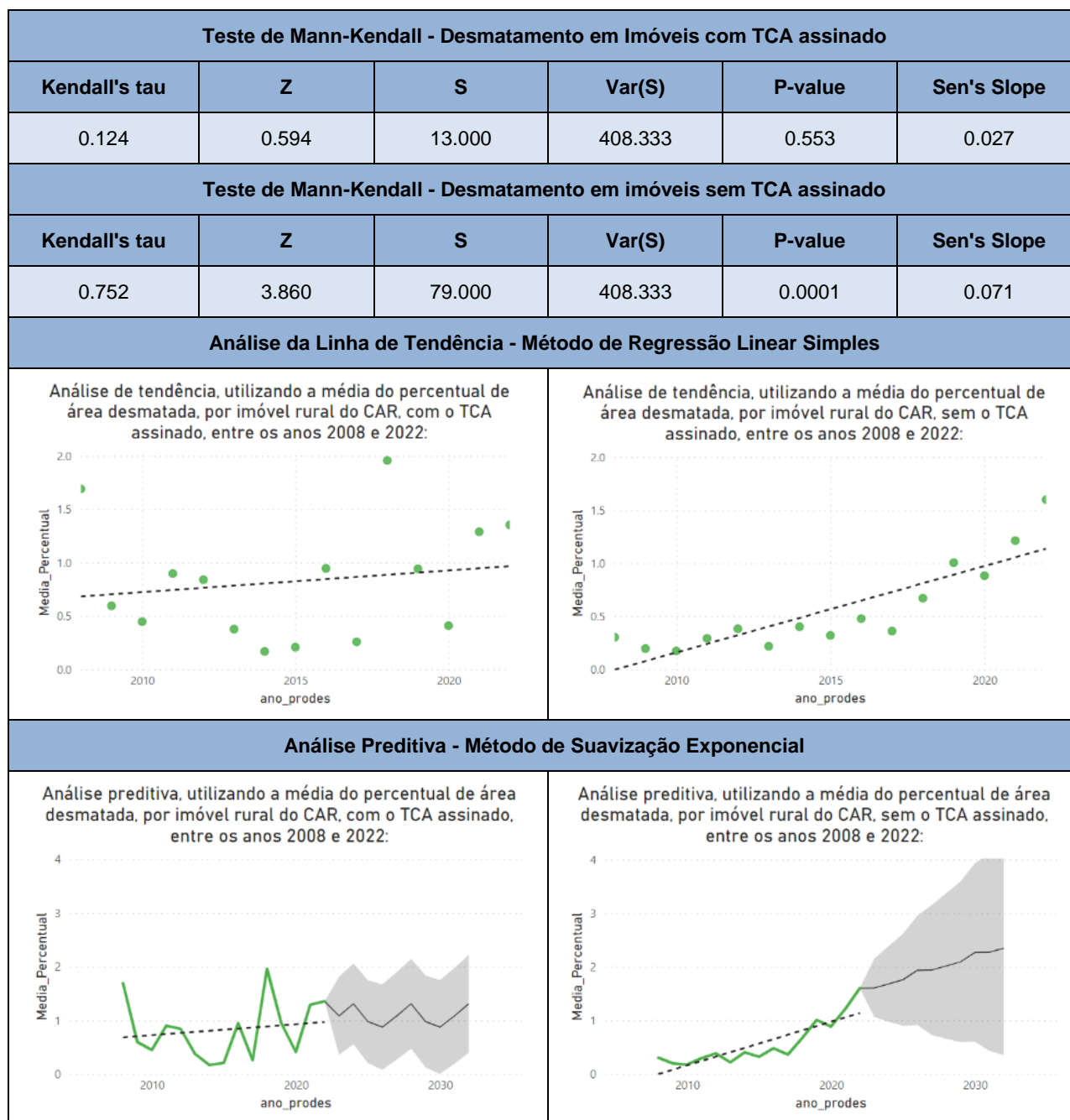
Tabela 13 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado (Entre 4 e 15 MFs)				Imóveis sem TCA assinado (Entre 4 e 15 MFs)			
Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR
2008	32.12	19	1.69	2008	285.32	945	0.30
2009	11.30	19	0.59	2009	184.33	945	0.20
2010	8.49	19	0.45	2010	162.79	945	0.17
2011	17.05	19	0.90	2011	275.53	945	0.29
2012	15.95	19	0.84	2012	361.03	945	0.38
2013	7.15	19	0.38	2013	204.78	945	0.22
2014	3.18	19	0.17	2014	379.07	945	0.40
2015	3.93	19	0.21	2015	301.52	945	0.32
2016	17.96	19	0.95	2016	451.16	945	0.48
2017	4.90	19	0.26	2017	340.30	945	0.36
2018	37.19	19	1.96	2018	633.15	945	0.67
2019	17.89	19	0.94	2019	949.95	945	1.01
2020	7.77	19	0.41	2020	834.10	945	0.88
2021	24.49	19	1.29	2021	1146.28	945	1.21
2022	25.71	19	1.35	2022	1511.28	945	1.60

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado, no Estado do Acre, as Tabelas 14 e 15 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 14 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 15 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de desmatamento, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de desmatamento, em imóveis sem TCA assinado
2022	1.35	1.60
2023	1.08	1.60
2024	1.31	1.68
2025	0.98	1.76
2026	0.87	1.93
2027	1.08	1.94
2028	1.31	2.01
2029	0.98	2.09
2030	0.87	2.27
2031	1.08	2.27
2032	1.31	2.35

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 13 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.123 (positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente e baixa correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.027 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.55 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027 é de 1.08%; para o ano de 2032 é de 1.31%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 79 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.75 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente e alta correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.071 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor p-value é 0.0001 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027 é de 1.94%; para o ano de 2032 é de 2.35%.

4.1.5. Análise das taxas de desmatamento, em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, de propriedades maiores que 15 módulos fiscais

A Tabela 16 apresenta os dados da soma dos percentuais de desmatamentos, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de desmatamentos, em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

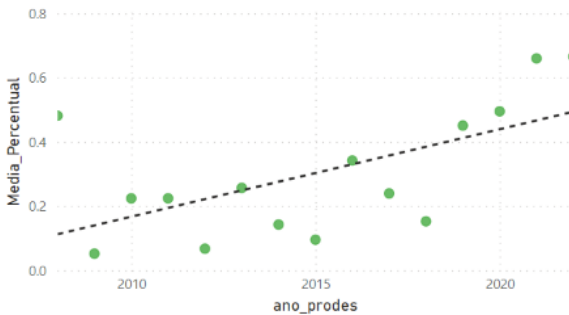
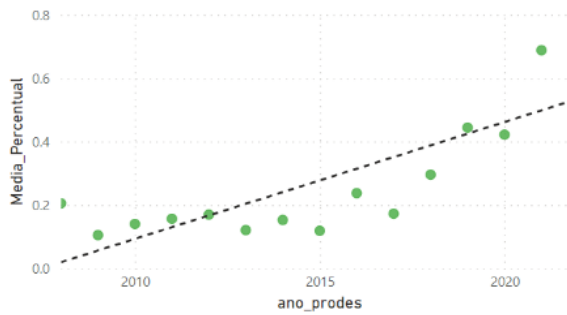
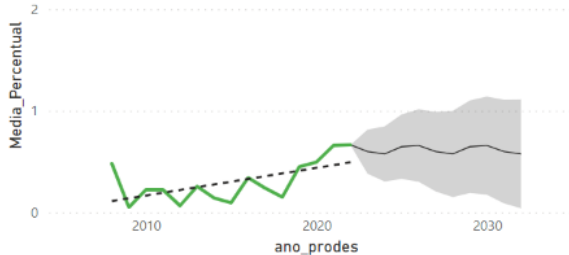
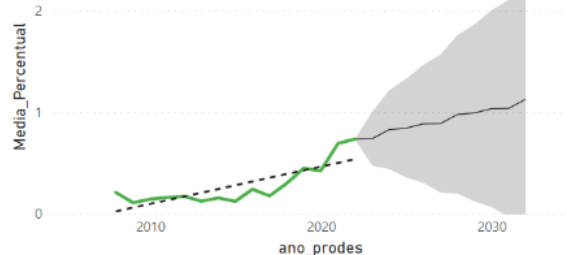
Tabela 16 – Cálculo da média dos percentuais de desmatamento em imóveis rurais, maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado (Maiores que 15 MFs)				Imóveis sem TCA assinado (Maiores que 15 MFs)			
Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de desmatamento em imóveis do CAR
2008	7.70	16	0.48	2008	119.46	582	0.21
2009	0.83	16	0.05	2009	61.03	582	0.10
2010	3.58	16	0.22	2010	81.56	582	0.14
2011	3.59	16	0.22	2011	91.13	582	0.16
2012	1.08	16	0.07	2012	98.69	582	0.17
2013	4.11	16	0.26	2013	70.24	582	0.12
2014	2.28	16	0.14	2014	88.85	582	0.15
2015	1.53	16	0.10	2015	68.98	582	0.12
2016	5.47	16	0.34	2016	138.12	582	0.24
2017	3.83	16	0.24	2017	100.43	582	0.17
2018	2.44	16	0.15	2018	172.07	582	0.30
2019	7.21	16	0.45	2019	258.51	582	0.44
2020	7.92	16	0.49	2020	245.50	582	0.42
2021	10.56	16	0.66	2021	400.53	582	0.69
2022	10.65	16	0.67	2022	426.68	582	0.73

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos imóveis rurais cadastrados no CAR maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado, no estado do Acre, as Tabelas 17 e 18 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 17 – Análise da tendência e cenário futuro do desmatamento, em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Desmatamento em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.486	2.474	51.000	408.333	0.013	0.032
Teste de Mann-Kendall - Desmatamento em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.619	3.167	65.000	408.333	0.002	0.032
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área desmatada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área desmatada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
Análise preditiva, utilizando a média do percentual de área desmatada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise preditiva, utilizando a média do percentual de área desmatada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 18 – Análise preditiva do desmatamento em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais, com e sem TCA assinado, para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de desmatamento, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de desmatamento, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.67	0.73
2023	0.60	0.74
2024	0.58	0.83
2025	0.65	0.84
2026	0.66	0.88
2027	0.60	0.89
2028	0.58	0.98
2029	0.65	0.99
2030	0.66	1.03
2031	0.60	1.04
2032	0.58	1.13

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR maiores que 15 módulos fiscais com TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 51 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.48 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente e alta correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.032 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.01 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027 é de 0.60%; para o ano de 2032 é de 0.58%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR maiores que 15 módulos fiscais sem TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos desmatamentos se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 65 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.61 (positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente e alta correlação entre tempo e tendência do desmatamento.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor Sen's Slope é 0.032 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.001 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de desmatamento estimada para o ano de 2027 é de 0.89%; para o ano de 2032 é de 1.13%.

4.1.6. Análise das contribuições do PRA para a redução das taxas de desmatamento nos imóveis rurais do Acre

A presente seção apresenta de forma resumida os resultados analisados na subseção 4.1. Nos Quadros 2 e 3 são apresentados os resultados obtidos pelas análises quantitativas, as quais buscam avaliar em que medida o PRA do CAR contribui para a redução das taxas de desmatamento nos imóveis rurais do Acre. O Quadro 2 detalha os métodos utilizados (análise de tendência por Regressão Linear Simples e Teste de Mann-Kendall e análise preditiva por Suavização Exponencial) e os resultados obtidos, enquanto o Quadro 3 apresenta a síntese destes resultados.

Quadro 2 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Desmatamento em Imóveis com TCA Assinado	Desmatamento em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
Análise da Tendência (Método de Regressão Linear Simples)	Todos os MFs	Decrescente	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento.
	Menor que 1 MF	Decrescente	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento.
	Entre 1 e 4 MF	Estabilidade	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall .
	Maior que 15 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall .
Análise da Tendência (Teste de Mann-Kendall)	Todos os MFs	Decrescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (-3), Kendall's tau (-0.02) e Sen's slope (-0.001) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.9212) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (59), Kendall's tau (0.56) e Sen's slope (0.073) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.004) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Menor que 1 MF	Decrescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (-11), Kendall's tau (-0.10) e Sen's slope (-0.007) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.621) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (57), Kendall's tau (0.54) e Sen's slope (0.064) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.006) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Entre 1 e 4 MF	Decrescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (-1), Kendall's tau (-0.010) e Sen's slope (-0.009) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (1) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (75), Kendall's tau (0.71) e Sen's slope (0.099) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.0003) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (13), Kendall's tau (0.124) e Sen's slope (0.027) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.55) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (79), Kendall's tau (0.752) e Sen's slope (0.071) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.0001) indica que a tendência é estatisticamente significativa.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Desmatamento em Imóveis com TCA Assinado	Desmatamento em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
	Maior que 15 MF	Crescente	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (51), Kendall's tau (0.486) e Sen's slope (0.032) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.013) indica que a tendência é estatisticamente significativa. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (65), Kendall's tau (0.619) e Sen's slope (0.032) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.002) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
Análise Preditiva (Suavização Exponencial)	Todos os MFs	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 0.71% e 1.29%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto desmatamento crescente progredindo de 1.61% até 2.47%.
	Menor que 1 MF	Estabilidade	Estabilidade	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 0.90% e 1.56%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 1.43% e 1.71%.
	Entre 1 e 4 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 0.76% e 1.43%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto desmatamento crescente progredindo de 2.02% até 3.36%.
	Entre 4 e 15 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 0.87% e 1.31%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto desmatamento crescente progredindo de 1.60% até 2.35%.
	Maior que 15 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto desmatamento estável com oscilações entre 0.58% e 0.66%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto desmatamento crescente progredindo de 0.74% até 1.13%.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos desmatamentos em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Tamanho do Imóvel Rural	Análise da Tendência dos Desmatamentos	Análise Preditiva dos Desmatamentos (10 anos)
Todos os MFs	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Menor que 1 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 1 e 4 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 4 e 15 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Maior que 15 MF	Tendência similar nos imóveis COM e SEM o TCA.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria.

As análises de tendência dos desmatamentos em imóveis do CAR, indicam que o PRA contribui para redução de desmatamentos. Quando da análise de todos os imóveis em conjunto, bem como quando das diversas categorizações adotadas (em imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF), com o TCA assinado, foram identificadas tendências de desmatamento menores que em imóveis sem o TCA assinado. Por outro lado, nos imóveis maiores que 15 MF, com e sem o TCA assinado, foram identificadas tendências com valores similares, tanto em significância (P-value) quanto em magnitude (Sen's Slope), sendo necessário um monitoramento maior dos imóveis do CAR pertencentes a esta categoria.

Estudos realizados em diferentes estados da Amazônia, como o Pará e Mato Grosso, também identificaram um desmatamento maior em imóveis maiores que 15 MF (COSTA & ESCADA, 2023; OKIDA, 2019), indicando uma possível tendência do desmatamento na região. No Pará, estudo realizado por Okida (2019) identificou que entre os anos 2015 e 2021 as grandes propriedades tiveram um desmatamento maior que as outras categorias, principalmente no período entre 2019 e 2021, em que as médias e grandes propriedades tiveram quase o dobro do desmatamento em relação aos períodos entre 2015 e 2016. Em Mato Grosso, também foi identificada uma maior variação nas taxas de floresta em imóveis maiores que 15 MF (grandes propriedades), corroborando a argumentação de que boa parte da responsabilidade do desmatamento observado na Amazônia Legal deve ser endereçada aos grandes proprietários (COSTA & ESCADA, 2023)

Em relação às análises preditivas dos desmatamentos em imóveis do CAR, os dados indicam que o PRA contribui para redução dos desmatamentos. Em todas as análises realizadas os imóveis rurais do CAR com TCA assinado apresentaram um percentual de desmatamento menor que os imóveis sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Assim, os resultados obtidos pelo estudo indicam que a adesão ao PRA, através da assinatura do TCA, está contribuindo para redução dos desmatamentos nos imóveis rurais do Acre. Entretanto, nos imóveis rurais maiores que 15 MF, com e sem o TCA assinado, foram identificadas tendências crescentes com valores similares em significância e magnitude, demonstrando a necessidade de ações que busquem reduzir a tendência dos desmatamentos nesta categoria de imóvel (grandes propriedades).

Visto a situação alarmante dos desmatamentos em imóveis rurais maiores que 15 MF, é necessário identificar e responsabilizar os proprietários que não estiverem cumprindo a legislação ambiental. A não aplicação das penalidades previstas em lei aumenta o sentimento de impunidade, prejudicando de forma direta o processo de regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros. Segundo Okida (2019), o aumento do desmatamento entre os anos 2019 e 2021 é resultante da desarticulação das políticas de controle e do desmantelamento das instituições responsáveis pela fiscalização ambiental.

4.2. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução dos focos de queimada nos imóveis rurais do Acre

Com o objetivo de analisar a dinâmica dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR no estado do Acre foi calculada a média de focos de queimadas em imóveis por ano. Na Figura 40, é possível identificar o aumento da média dos focos de queimadas no período entre 2013 e 2022.

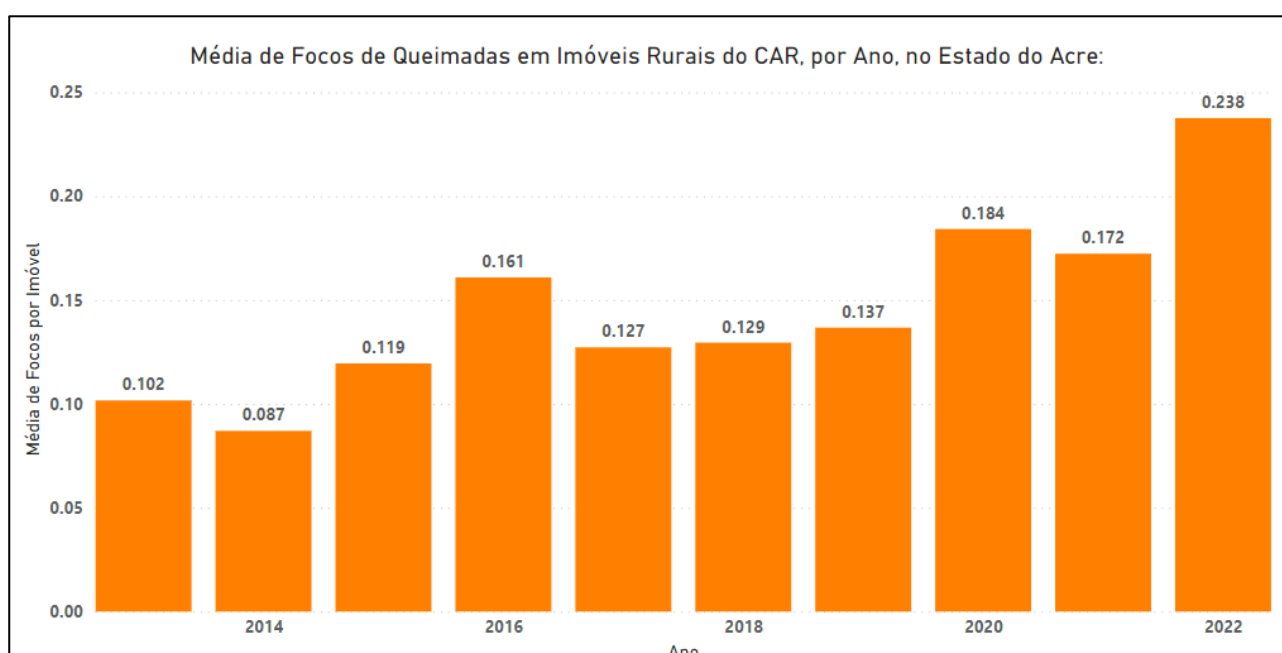


Figura 40 – Média dos focos de queimadas em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2013 – 2022).

Fonte: Elaboração própria.

Assim, buscando-se repetir a metodologia apresentada na subseção 4.1, foram realizadas as análises de tendência (método de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall) e preditiva (método por suavização exponencial) para avaliar a

direção, significância, magnitude e cenário futuro de focos de queimada em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre. Destaca-se que tais análises também são realizadas separando os imóveis rurais do CAR por tamanho da propriedade.

4.2.1. Análise dos focos de queimadas, em imóveis rurais do CAR, com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado

A Tabela 19 apresenta as informações contendo os anos dos focos de queimadas, soma da quantidade de focos de queimadas, quantidade dos imóveis rurais analisados e média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado. A média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem TCA assinado é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

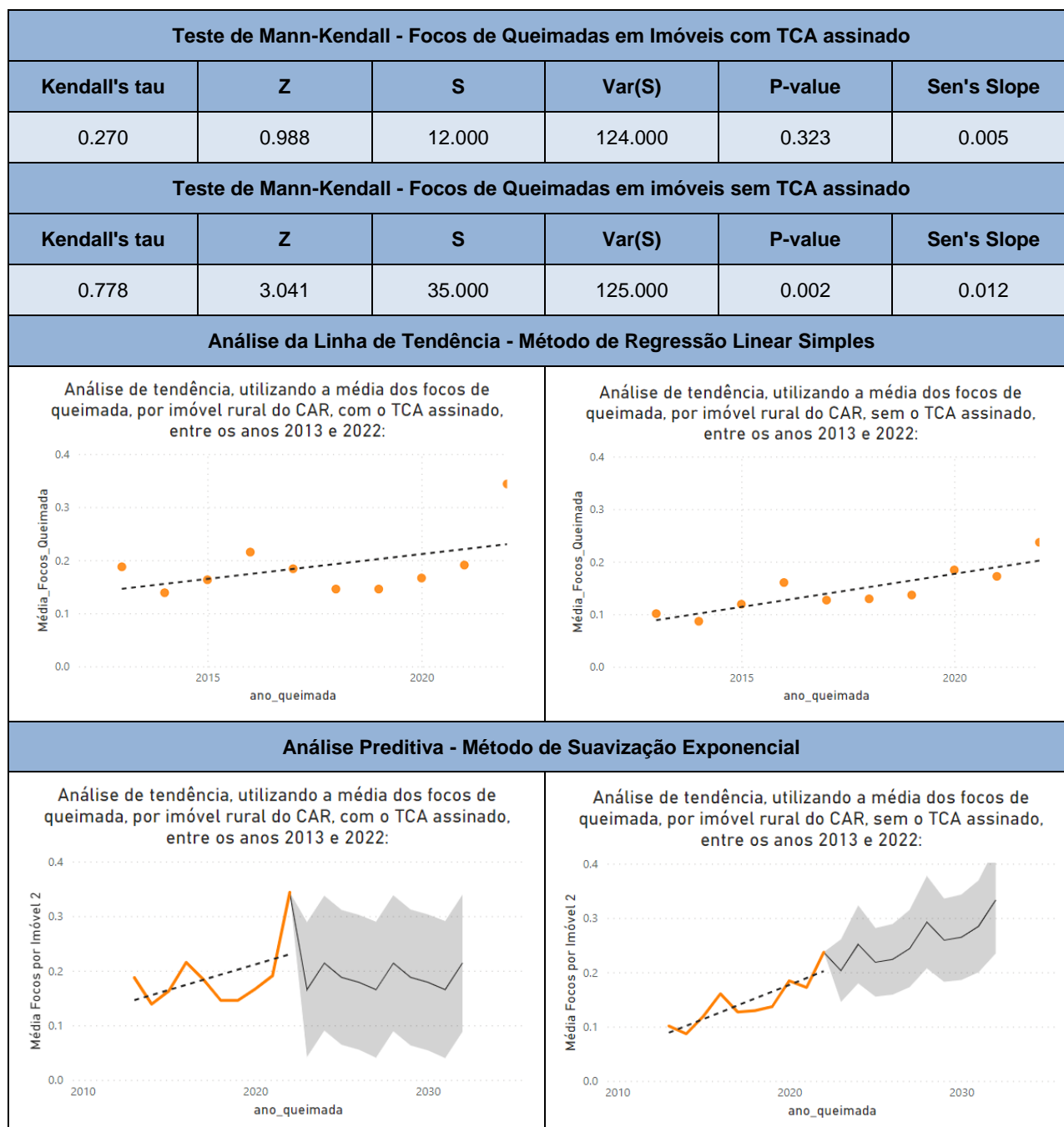
Tabela 19 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas, em imóveis do CAR, com e sem TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR
2013	54.00	288	0.19	2013	4751.00	46978	0.10
2014	40.00	288	0.14	2014	4072.00	46978	0.09
2015	47.00	288	0.16	2015	5601.00	46978	0.12
2016	62.00	288	0.22	2016	7543.00	46978	0.16
2017	53.00	288	0.18	2017	5960.00	46978	0.13
2018	42.00	288	0.15	2018	6078.00	46978	0.13
2019	42.00	288	0.15	2019	6420.00	46978	0.14
2020	48.00	288	0.17	2020	8659.00	46978	0.18
2021	55.00	288	0.19	2021	8090.00	46978	0.17
2022	99.00	288	0.34	2022	11133.00	46978	0.24

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 20 e 21 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 20 – Análise da tendência e cenário futuro, dos focos de queimadas, em imóveis rurais com e sem o TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 21 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média dos focos de queimadas, em imóveis com TCA assinado	Média dos focos de queimadas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.34	0.24
2023	0.17	0.20
2024	0.21	0.25
2025	0.19	0.22
2026	0.18	0.22
2027	0.17	0.24
2028	0.21	0.29
2029	0.19	0.26
2030	0.18	0.26
2031	0.17	0.28
2032	0.21	0.33

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais cadastrados no CAR com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 12 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.270 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.005 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.323 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.17; para o ano de 2032 é de 0.21.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais cadastrados no CAR sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 35 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.778 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.012 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.002 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.24; para o ano de 2032 é de 0.33.

4.2.2. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal

A Tabela 22 apresenta as informações contendo os anos dos focos de queimadas, soma da quantidade de focos de queimadas, quantidade dos imóveis rurais analisados e média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado. A média da quantidade dos focos de queimadas, em imóveis do CAR menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

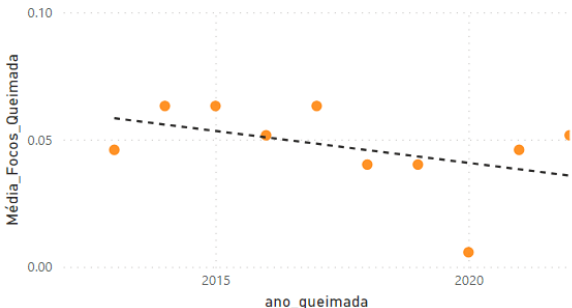
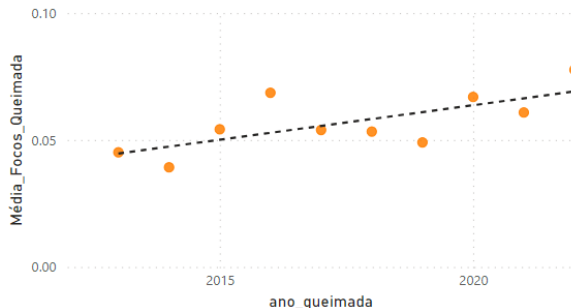
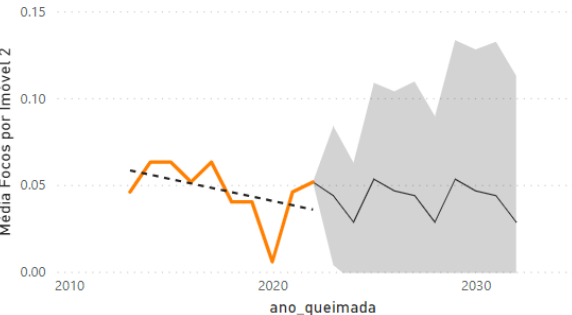
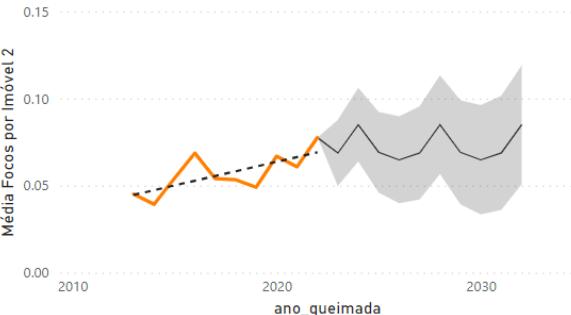
Tabela 22 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR
2013	8.00	174	0.05	2013	1644.00	36412	0.05
2014	11.00	174	0.06	2014	1429.00	36412	0.04
2015	11.00	174	0.06	2015	1974.00	36412	0.05
2016	9.00	174	0.05	2016	2499.00	36412	0.07
2017	11.00	174	0.06	2017	1966.00	36412	0.05
2018	7.00	174	0.04	2018	1943.00	36412	0.05
2019	7.00	174	0.04	2019	1788.00	36412	0.05
2020	1.00	174	0.01	2020	2438.00	36412	0.07
2021	8.00	174	0.05	2021	2216.00	36412	0.06
2022	9.00	174	0.05	2022	2827.00	36412	0.08

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 23 e 24 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 23 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais, menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
-0.310	-1.103	-13.000	118.333	0.270	-0.001
Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.422	1.610	19.000	125.000	0.107	0.003
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 24 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR menores que 1 MF com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média dos focos de queimadas, em imóveis com TCA assinado	Média dos focos de queimadas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.05	0.08
2023	0.04	0.07
2024	0.03	0.09
2025	0.05	0.07
2026	0.05	0.06
2027	0.04	0.07
2028	0.03	0.09
2029	0.05	0.07
2030	0.05	0.06
2031	0.04	0.07
2032	0.03	0.09

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de focos de queimada se apresenta decrescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é -13 (negativo), indicando tendência decrescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é -0.310 (valor negativo e próximo a 0), indicando tendência decrescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é -0.001 (negativo), indicando a magnitude da tendência, a qual é decrescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.270 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.04; para o ano de 2032 é de 0.03.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 19 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.422 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.003 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.107 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.07; para o ano de 2032 é de 0.09.

4.2.3. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 1 e 4 módulos fiscais

A Tabela 25 apresenta as informações contendo os anos dos focos de queimadas, soma da quantidade de focos de queimadas, quantidade dos imóveis rurais analisados e média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média da quantidade dos focos de queimadas em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

Tabela 25 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR
2013	7.00	79	0.09	2013	1302.00	9039	0.14
2014	10.00	79	0.13	2014	1063.00	9039	0.12
2015	16.00	79	0.20	2015	1456.00	9039	0.16
2016	11.00	79	0.14	2016	2182.00	9039	0.24
2017	16.00	79	0.20	2017	1637.00	9039	0.18
2018	9.00	79	0.11	2018	1627.00	9039	0.18
2019	5.00	79	0.06	2019	1904.00	9039	0.21
2020	12.00	79	0.15	2020	2493.00	9039	0.28
2021	6.00	79	0.08	2021	2271.00	9039	0.25
2022	15.00	79	0.19	2022	3268.00	9039	0.36

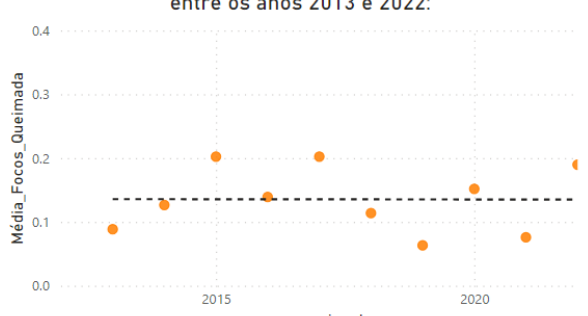
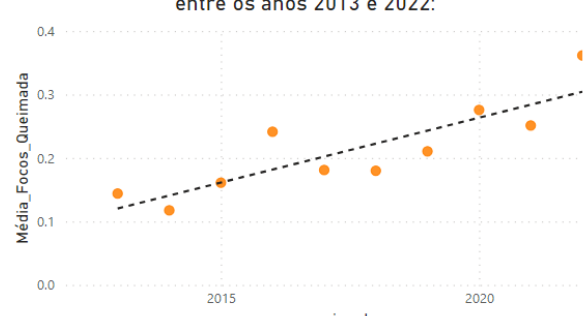
Fonte: Elaboração própria.

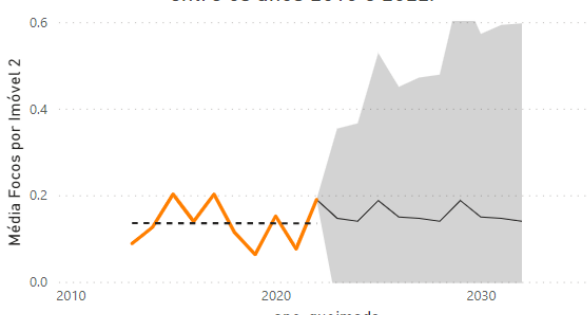
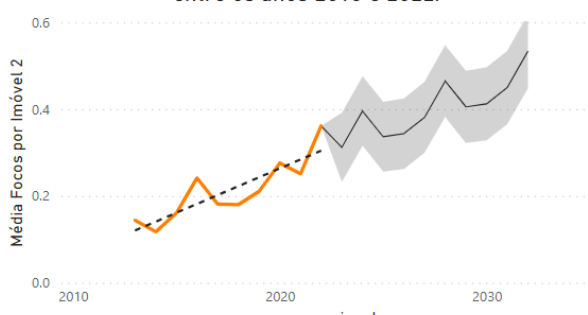
As Tabelas 26 e 27 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 26 – Análise da tendência e cenário futuro de focos de queimadas em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.000	0.000	0.000	124.000	1.000	0.000

Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.733	2.862	33.000	125.000	0.004	0.019

Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples	
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 	<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 

Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial	
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 	<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 27 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média dos focos de queimadas, em imóveis com TCA assinado	Média dos focos de queimadas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.19	0.36
2023	0.15	0.31
2024	0.14	0.40
2025	0.19	0.34
2026	0.15	0.34
2027	0.15	0.38
2028	0.14	0.46
2029	0.19	0.41
2030	0.15	0.41
2031	0.15	0.45
2032	0.14	0.53

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de focos de queimada se apresenta estável.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 0 (nulo), indicando ausência de tendência.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.000 (valor nulo), indicando tendência nula com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.000 (nulo), indicando a magnitude da tendência, a qual é nula.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 1 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.15; para o ano de 2032 é de 0.14.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 33 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.733 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.019 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.004 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.38; no ano de 2032 é de 0.53.

4.2.4. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais

A Tabela 28 apresenta as informações contendo os anos dos focos de queimadas, soma da quantidade de focos de queimadas, quantidade dos imóveis rurais analisados e média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

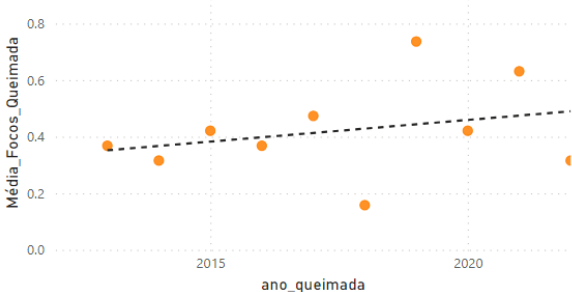
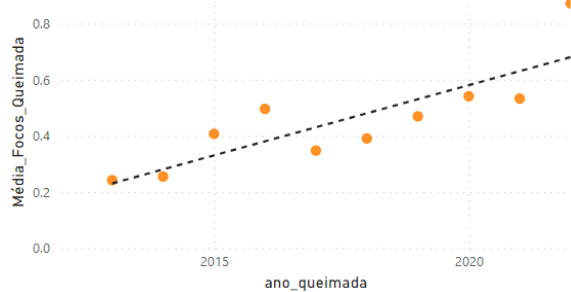
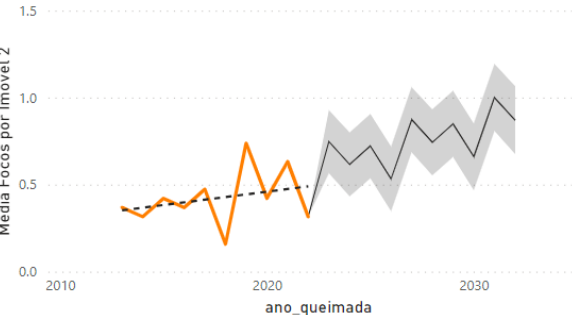
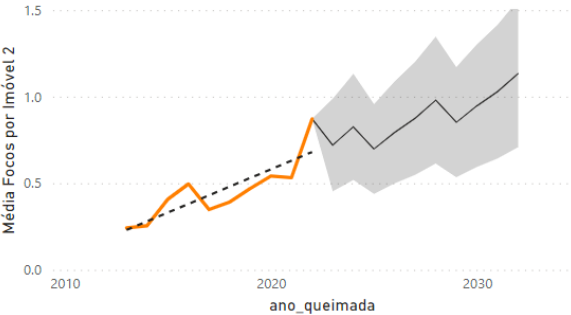
Tabela 28 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR, entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR
2013	7.00	19	0.37	2013	229.00	945	0.24
2014	6.00	19	0.32	2014	241.00	945	0.26
2015	8.00	19	0.42	2015	385.00	945	0.41
2016	7.00	19	0.37	2016	469.00	945	0.50
2017	9.00	19	0.47	2017	329.00	945	0.35
2018	3.00	19	0.16	2018	370.00	945	0.39
2019	14.00	19	0.74	2019	444.00	945	0.47
2020	8.00	19	0.42	2020	512.00	945	0.54
2021	12.00	19	0.63	2021	504.00	945	0.53
2022	6.00	19	0.32	2022	824.00	945	0.87

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 29 e 30 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 29 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.184	0.634	8.000	122.000	0.526	0.018
Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.733	2.862	33.000	125.000	0.004	0.043
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 30 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média dos focos de queimadas, em imóveis com TCA assinado	Média dos focos de queimadas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.32	0.87
2023	0.75	0.72
2024	0.62	0.83
2025	0.72	0.70
2026	0.53	0.79
2027	0.87	0.88
2028	0.74	0.98
2029	0.85	0.85
2030	0.66	0.95
2031	1.00	1.03
2032	0.87	1.13

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 8 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.184 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.018 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.526 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.87; para o ano de 2032 é de 0.87.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 33 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.733 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.043 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.004 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 0.88; para o ano de 2032 é de 1.13.

4.2.5. Análise dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado de propriedades maiores que 15 módulos fiscais

A Tabela 31 apresenta as informações contendo os anos dos focos de queimadas, soma da quantidade de focos de queimadas, quantidade dos imóveis rurais analisados e média da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado. A média da quantidade dos focos de queimadas, em imóveis rurais cadastrados no CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

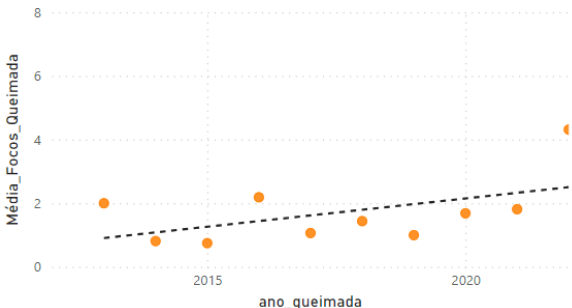
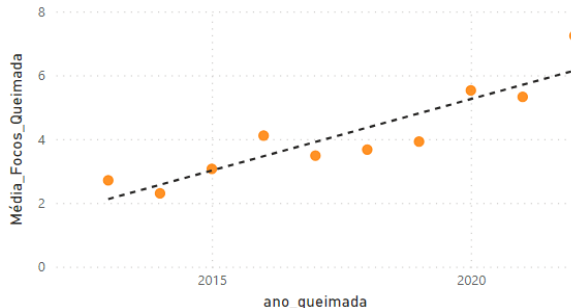
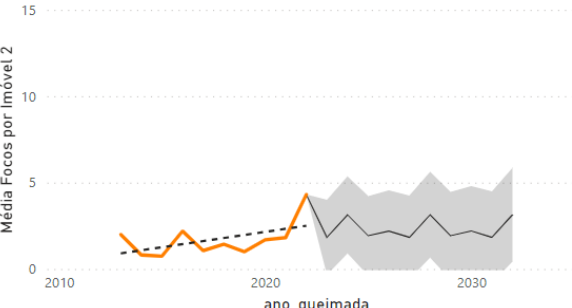
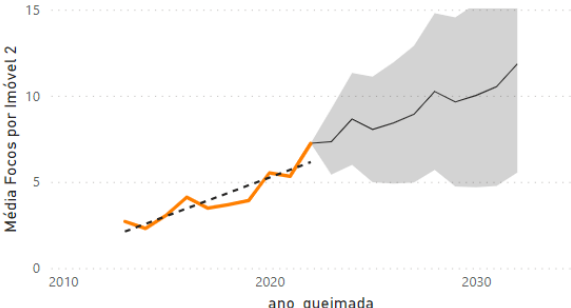
Tabela 31 – Cálculo da média da quantidade de focos de queimadas em imóveis do CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos focos de queimadas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média de focos de queimadas em imóveis do CAR
2013	32.00	16	2.00	2013	1576.00	582	2.71
2014	13.00	16	0.81	2014	1339.00	582	2.30
2015	12.00	16	0.75	2015	1786.00	582	3.07
2016	35.00	16	2.19	2016	2393.00	582	4.11
2017	17.00	16	1.06	2017	2028.00	582	3.48
2018	23.00	16	1.44	2018	2138.00	582	3.67
2019	16.00	16	1.00	2019	2284.00	582	3.92
2020	27.00	16	1.69	2020	3216.00	582	5.53
2021	29.00	16	1.81	2021	3099.00	582	5.32
2022	69.00	16	4.31	2022	4214.00	582	7.24

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 32 e 33 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 32 – Análise da tendência e cenário futuro dos focos de queimadas em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.333	1.252	15.000	125.000	0.211	0.143
Teste de Mann-Kendall - Focos de Queimadas em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.778	3.041	35.000	125.000	0.002	0.403
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média dos focos de queimada, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2013 e 2022:</p> 		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 33 – Análise preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média dos focos de queimadas, em imóveis com TCA assinado	Média dos focos de queimadas, em imóveis sem TCA assinado
2022	4.31	7.24
2023	1.83	7.34
2024	3.14	8.66
2025	1.93	8.05
2026	2.20	8.42
2027	1.83	8.93
2028	3.14	10.25
2029	1.93	9.64
2030	2.20	10.02
2031	1.83	10.52
2032	3.14	11.84

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 15 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.333 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.143 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.211 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 1.83; para o ano de 2032 é de 3.14.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias da quantidade de focos de queimadas em imóveis rurais do CAR **maiores que 15 módulos fiscais sem o TCA assinado**, são:

- 1) A linha de tendência dos focos de queimadas se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 35 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.778 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos focos de queimadas.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.403 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.002 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos focos de queimadas estimada para o ano de 2027 é de 8.93; para o ano de 2032 é de 11.84.

4.2.6. Análise das contribuições do PRA para a redução dos focos de queimadas nos imóveis rurais do Acre

A presente seção apresenta de forma resumida os resultados analisados na subseção 4.2. Os Quadros 4 e 5 apresentam os resultados obtidos pelas análises quantitativas que buscam avaliar em que medida o PRA do CAR, contribui na redução de focos de queimadas nos imóveis rurais do Acre. O Quadro 4 detalha os métodos utilizados (análise de tendência por Regressão Linear Simples e Teste de Mann-Kendall e análise preditiva por Suavização Exponencial) e os resultados obtidos, enquanto o Quadro 5 apresenta a síntese destes resultados.

Quadro 4 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Focos em Imóveis com TCA Assinado	Focos em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
Análise da Tendência (Método de Regressão Linear Simples)	Todos os MFs	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall .
	Menor que 1 MF	Decrescente	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução dos focos de queimadas.
	Entre 1 e 4 MF	Estabilidade	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução dos focos de queimadas.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall .
	Maior que 15 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall .
Análise da Tendência (Teste de Mann-Kendall)	Todos os MFs	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (12), Kendall's tau (0.27) e Sen's slope (0.005) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.323) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (35), Kendall's tau (0.778) e Sen's slope (0.012) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.002) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Menor que 1 MF	Decrescente / Nula	Crescente / Nula	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (-13), Kendall's tau (-0.310) e Sen's slope (-0.001) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.270) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (19), Kendall's tau (0.422) e Sen's slope (0.003) indicam tendência crescente e P-value > 0.05 (0.107) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula.
	Entre 1 e 4 MF	Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (0), Kendall's tau (0.000) e Sen's slope (0.000) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (1) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (33), Kendall's tau (0.733) e Sen's slope (0.019) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.004) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (8), Kendall's tau (0.184) e Sen's slope (0.018) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.526) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (33), Kendall's tau (0.733) e Sen's slope (0.043) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.004) indica que a tendência é estatisticamente significativa.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Focos em Imóveis com TCA Assinado	Focos em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
	Maior que 15 MF	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (15), Kendall's tau (0.333) e Sen's slope (0.143) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.211) indica que a tendência é estatisticamente significativa. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (35), Kendall's tau (0.778) e Sen's slope (0.403) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.002) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
Análise Preditiva por Suavização Exponencial (2022- 2032)	Todos os MFs	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos focos com oscilações entre 0.17 e 0.21. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos focos progredindo de 0.20 até 0.33.
	Menor que 1 MF	Estabilidade	Estabilidade	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos focos com oscilações entre 0.03 e 0.05. 2 - Em imóveis sem TCA , foi prevista a estabilidade dos focos com oscilações entre 0.06 e 0.09.
	Entre 1 e 4 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos focos com oscilações entre 0.14 e 0.19. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos focos progredindo de 0.31 até 0.53.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto o crescimento dos focos progredindo de 0.53 até 1.00. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos focos progredindo de 0.70 até 1.13.
	Maior que 15 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos focos com oscilações entre 1.83 e 3.14. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos focos progredindo de 7.34 até 11.84.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos focos de queimadas em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre.

Tamanho do Imóvel Rural	Análise da Tendência dos Focos de Queimada	Análise Preditiva dos Focos de Queimada
Todos os MFs	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Menor que 1 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 1 e 4 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 4 e 15 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Maior que 15 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria.

As análises de tendência dos focos de queimada em imóveis do CAR indicam que o PRA contribui para redução dos focos. Quando da análise de todos os imóveis em conjunto, bem como quando das diversas categorizações adotadas (em imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF, entre 4 e 15 MF e maiores que 15 MF) com o TCA assinado, os resultados apresentaram tendência de focos de queimadas menor que os imóveis sem o TCA assinado.

Em relação às análises preditivas dos focos de queimada em imóveis do CAR, os resultados indicam que o PRA contribui para a redução dos focos. Em todas as análises realizadas, os imóveis rurais do CAR, com o TCA assinado, apresentaram uma média de focos de queimada menor que imóveis sem o TCA assinado para os próximos 10 anos. Cabe ressaltar que a média de focos de queimada prevista para o ano de 2032 em imóveis maiores que 15 MF, com o TCA assinado, foi 3.7 vezes menor que em imóveis sem o TCA assinado.

Assim, os resultados obtidos pelo estudo indicam uma relação positiva entre a adesão ao PRA e a diminuição dos focos de queimadas, indicando a eficácia da política de regularização ambiental para combater os incêndios florestais no estado do Acre. Estes resultados podem ser utilizados para o aprimoramento das políticas de combate aos incêndios florestais, fornecendo indicadores de sustentabilidade e alertas que auxiliem no monitoramento do PRA. Como as informações de focos de queimada são disponibilizadas diariamente pelo BdQueimadas do INPE, é possível monitorar a distribuição destes focos e realizar ações de combate ao fogo usando os dados espaciais do estudo.

Cabe ressaltar que a automatização das análises aplicadas na pesquisa permite que os dados e indicadores apresentados no estudo sejam atualizados conforme a demanda de forma eficiente e padronizada, auxiliando a tomada de decisão baseada em dados, a prestação de serviços a sociedade e a implementação da regularização ambiental.

4.3. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições para a redução de alertas de degradação nos imóveis rurais do Acre

Com o objetivo de analisar a dinâmica dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR no estado do Acre, foi calculada a média dos percentuais de alertas

em imóveis por ano. A partir da Figura 41 é possível identificar o aumento da média dos percentuais de alertas de degradação no período entre 2016 e 2022.

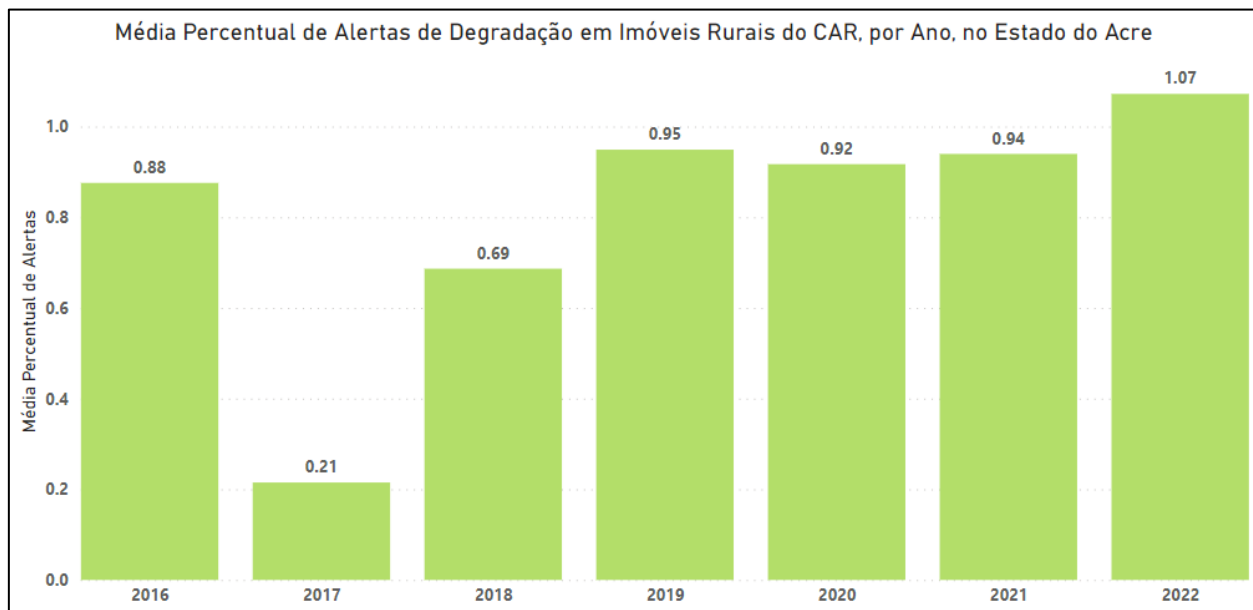


Figura 41 – Média percentual dos alertas de degradação em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2016 – 2022).

Fonte: Elaboração própria.

Assim como já mencionado anteriormente, as mesmas técnicas de análise de tendência e preditiva foram utilizadas para avaliar os alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado, no estado do Acre. Seguiu-se, ainda, a mesma classificação em relação ao tamanho dos imóveis rurais.

4.3.1. Análise dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso (TCA) Ambiental assinado

A Tabela 34 apresenta as informações contendo os anos dos alertas de degradação, soma dos percentuais de alertas de degradação, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de alertas de degradação dos imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de alertas de degradação, em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

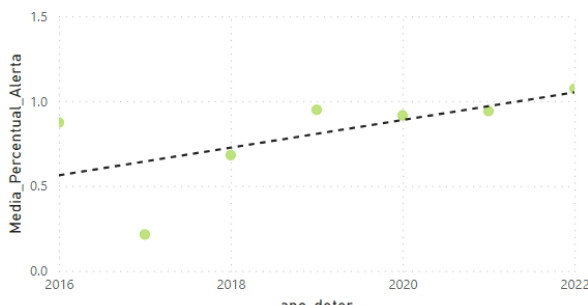
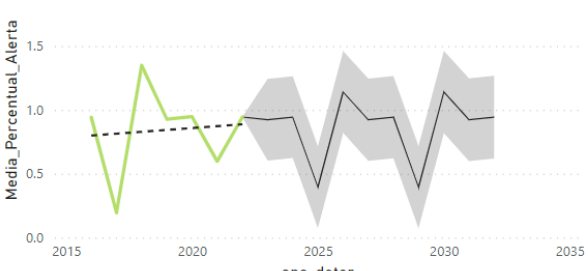
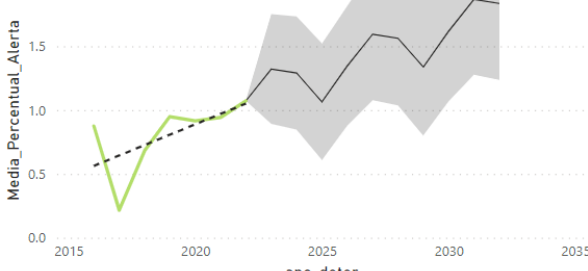
Tabela 34 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR
2016	271.4462	288	0.942521	2016	41120.33	46978	0.87531
2017	55.81102	288	0.193788	2017	10103.07	46978	0.21506
2018	388.6771	288	1.349573	2018	32058.83	46978	0.682422
2019	267.1252	288	0.927518	2019	44589.75	46978	0.949162
2020	272.9238	288	0.947652	2020	43072.4	46978	0.916863
2021	172.2312	288	0.598025	2021	44243.43	46978	0.94179
2022	272.0307	288	0.944551	2022	50399.69	46978	1.072836

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 35 e 36 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 35 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais com e sem TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.048	0.000	1.000	44.333	1.000	0.000
Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.619	1.802	13.000	44.333	0.072	0.078
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
<p>Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:</p> 		
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
<p>Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:</p> 			<p>Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:</p> 		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 36 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de alertas, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de alertas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.94	1.07
2023	0.92	1.32
2024	0.94	1.29
2025	0.40	1.07
2026	1.14	1.35
2027	0.92	1.59
2028	0.94	1.56
2029	0.40	1.34
2030	1.14	1.62
2031	0.92	1.87
2032	0.94	1.84

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais cadastrados no CAR com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 1 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.048 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.000 (nulo), indicando a magnitude da tendência, a qual é nula.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 1.000 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 0.92%; para o ano de 2032 é de 0.94%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de desmatamento em imóveis rurais cadastrados no CAR sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 13 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.619 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos alertas de degradação ambiental.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.078 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.072 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 1.59%; para o ano de 2032 é de 1.84%.

4.3.2. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades menores que 1 módulo fiscal

A Tabela 37 apresenta as informações contendo os anos dos alertas de degradação, soma dos percentuais de alertas de degradação, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de alertas de degradação dos imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

Tabela 37 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR
2016	149.1421	174	0.857139	2016	33443.67	36412	0.918479
2017	43.41397	174	0.249506	2017	7989.239	36412	0.219412
2018	290.9191	174	1.671949	2018	24674.13	36412	0.677637
2019	198.5641	174	1.141173	2019	33471.21	36412	0.919236
2020	151.1259	174	0.86854	2020	30820	36412	0.846424
2021	73.61976	174	0.423102	2021	30743.8	36412	0.844332
2022	106.0389	174	0.609419	2022	33576.43	36412	0.922125

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 38 e 39 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 38 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal com e sem o TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 39 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais menores que 1 módulo fiscal com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de alertas, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de alertas, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.61	0.92
2023	0.70	1.13
2024	0.49	1.01
2025	0.00	0.72
2026	0.77	0.93
2027	0.70	1.13
2028	0.49	1.01
2029	0.00	0.72
2030	0.77	0.93
2031	0.70	1.13
2032	0.49	1.01

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta decrescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é -3 (negativo), indicando tendência decrescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é -0.143 (valor negativo e próximo a 0), indicando tendência decrescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é -0.087 (negativo), indicando a magnitude da tendência, a qual é decrescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.764 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 0.70%; para o ano de 2032 é de 0.49%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR menores que 1 módulo fiscal sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 7 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.333 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos alertas de degradação ambiental.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.038 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.368 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 7) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 1.13%; para o ano de 2032 é de 1.01%.

4.3.3. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem TCA assinado de propriedades entre 1 a 4 módulos fiscais

A Tabela 40 apresenta as informações contendo os anos dos alertas de degradação, soma dos percentuais de alertas de degradação, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de alertas de degradação dos imóveis rurais do CAR entre 1 e 4 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

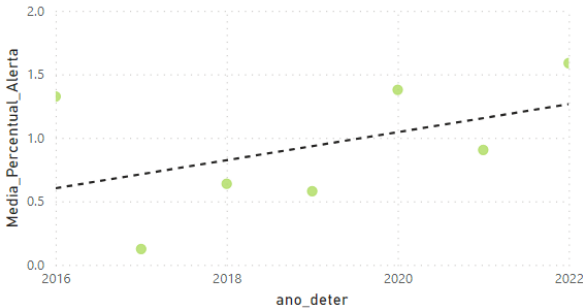
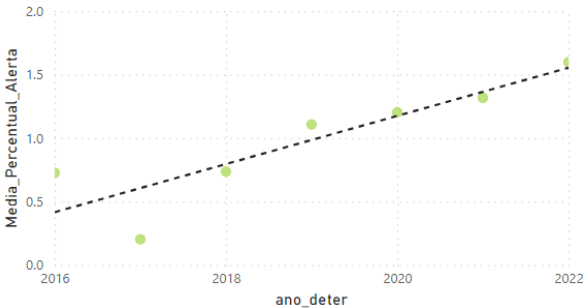
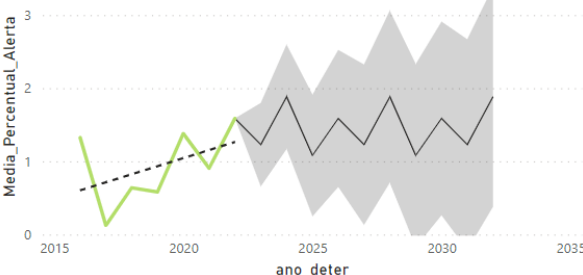
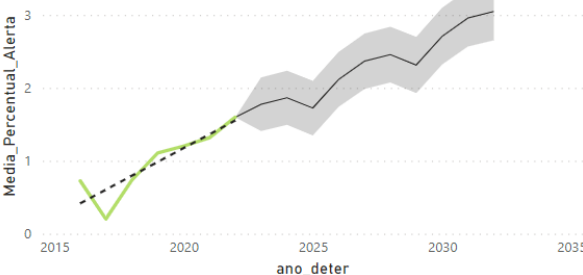
Tabela 40 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR
2016	104.7261	79	1.325647	2016	6574.779	9039	0.727379
2017	9.871884	79	0.124961	2017	1833.266	9039	0.202817
2018	50.40212	79	0.638002	2018	6664.458	9039	0.7373
2019	45.87009	79	0.580634	2019	10013.53	9039	1.107814
2020	108.9279	79	1.378834	2020	10869.48	9039	1.20251
2021	71.51338	79	0.905233	2021	11904.07	9039	1.316968
2022	125.4807	79	1.588363	2022	14453.23	9039	1.598985

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 41 e 42 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 41 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.429	1.202	9.000	44.333	0.230	0.162
Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.905	2.703	19.000	44.333	0.007	0.193
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 42 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 1 e 4 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de alertas, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de alertas, em imóveis sem TCA assinado
2022	1.59	1.60
2023	1.23	1.78
2024	1.88	1.86
2025	1.08	1.72
2026	1.59	2.12
2027	1.23	2.37
2028	1.88	2.46
2029	1.08	2.31
2030	1.59	2.71
2031	1.23	2.96
2032	1.88	3.05

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 9 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.429 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência decrescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.162 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.230 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 1.23%; para o ano de 2032 é de 1.88%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR de 1 a 4 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 19 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.905 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos alertas de degradação ambiental.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.193 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.007 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 2.37%; para o ano de 2032 é de 3.05%.

4.3.4. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades entre 4 e 15 módulos fiscais

A Tabela 43 apresenta as informações contendo os anos dos alertas de degradação, soma dos percentuais de alertas de degradação, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de alertas de degradação dos imóveis rurais do CAR entre 4 e 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

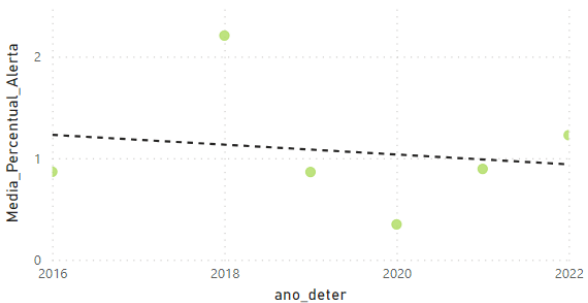
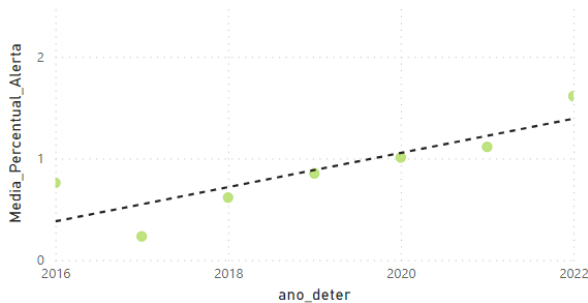
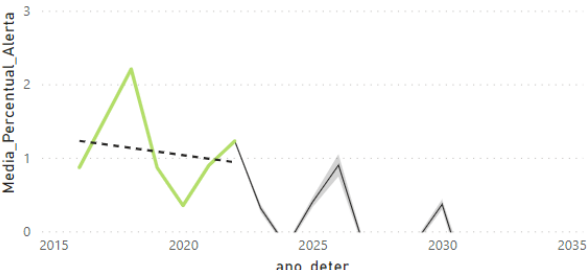
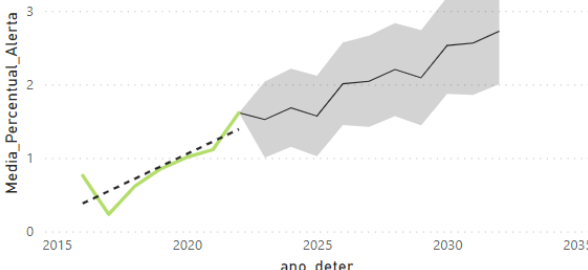
Tabela 43 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR
2016	16.49229	19	0.868015	2016	718.9824	945	0.760828
2017	0	19	0	2017	220.2098	945	0.233026
2018	41.95187	19	2.207993	2018	581.5587	945	0.615406
2019	16.44422	19	0.865485	2019	806.4295	945	0.853365
2020	6.636593	19	0.349294	2020	955.2004	945	1.010794
2021	17.01526	19	0.89554	2021	1052.048	945	1.113278
2022	23.30535	19	1.226597	2022	1525.712	945	1.61451

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 44 e 45 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 44 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.067	0	1	28.333	1	0.007
Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.810	2.403	17	44.333	0.016	0.198
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 45 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais entre 4 e 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de alertas, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de alertas, em imóveis sem TCA assinado
2022	1.23	1.61
2023	0.31	1.52
2024	0.00	1.68
2025	0.40	1.57
2026	0.90	2.01
2027	0.00	2.04
2028	0.00	2.20
2029	0.00	2.09
2030	0.37	2.53
2031	0.00	2.56
2032	0.00	2.72

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR de 4 a 15 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta decrescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 1 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.067 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência decrescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.007 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 1 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 0%; para o ano de 2032 é de 0%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR de 4 a 15 módulos fiscais sem o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 17 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.810 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos alertas de degradação ambiental.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.198 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.016 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 2.04%; para o ano de 2032 é de 2.72%.

4.3.5. Análise dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado de propriedades maiores que 15 módulos fiscais

A Tabela 46 apresenta as informações contendo os anos dos alertas de degradação, soma dos percentuais de alertas de degradação, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de alertas de degradação dos imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais cadastrados no CAR maiores que 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado, é o valor usado para realizar as análises de tendência e de cenário futuro.

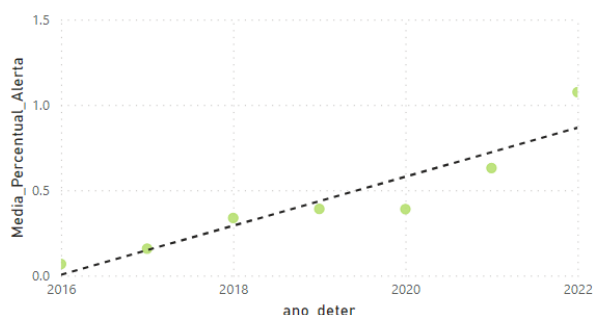
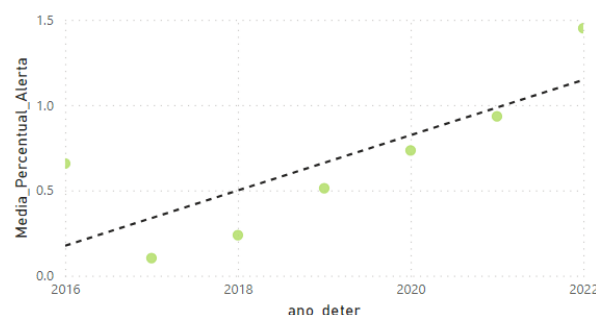
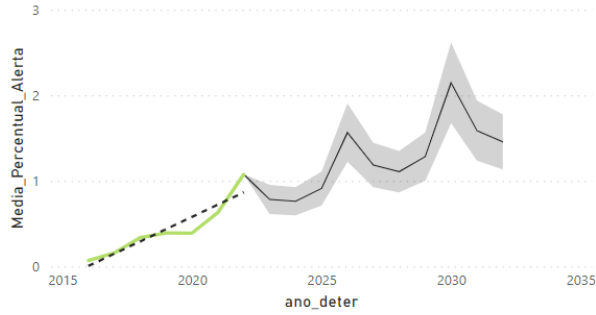
Tabela 46 – Cálculo da média dos percentuais de alertas de degradação ambiental em imóveis rurais cadastrados no CAR, maiores que 15 módulos fiscais, com e sem o TCA assinado.

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de alertas em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de alertas em imóveis do CAR
2016	1.085637	16	0.067852	2016	382.8961	582	0.657897
2017	2.525171	16	0.157823	2017	60.35762	582	0.103707
2018	5.404071	16	0.337754	2018	138.6855	582	0.238291
2019	6.246828	16	0.390427	2019	298.5733	582	0.513013
2020	6.233361	16	0.389585	2020	427.7115	582	0.734899
2021	10.08277	16	0.630173	2021	543.5072	582	0.933861
2022	17.20577	16	1.075361	2022	844.3305	582	1.45074

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 47 e 48 do estudo apresentam resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 47 – Análise da tendência e cenário futuro dos alertas de degradação em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem o TCA assinado.

Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em Imóveis com TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.905	2.703	19.000	44.333	0.007	0.118
Teste de Mann-Kendall - Alertas de degradação em imóveis sem TCA assinado					
Kendall's tau	Z	S	Var(S)	P-value	Sen's Slope
0.714	2.103	15.000	44.333	0.036	0.210
Análise da Linha de Tendência - Método de Regressão Linear Simples					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					
Análise Preditiva - Método de Suavização Exponencial					
Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, com o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:			Análise de tendência, utilizando a média do percentual de área Deter, por imóvel rural do CAR, sem o TCA assinado, entre os anos 2008 e 2022:		
					

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 48 – Análise preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais maiores que 15 módulos fiscais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de alertas, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de alertas, em imóveis sem TCA assinado
2022	1.08	1.45
2023	0.78	1.32
2024	0.76	1.37
2025	0.91	1.22
2026	1.57	1.45
2027	1.18	1.32
2028	1.11	1.37
2029	1.28	1.22
2030	2.15	1.45
2031	1.59	1.32
2032	1.46	1.37

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR maiores que 15 módulos fiscais com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 19 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.905 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos desmatamentos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.118 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.007 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 1.18%; para o ano de 2032 é de 1.46%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de alertas de degradação em imóveis rurais do CAR **maiores que 15 módulos fiscais sem o TCA assinado**, são:

- 1) A linha de tendência de alertas de degradação se apresenta crescente.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 15 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.714 (valor positivo e próximo a 1), indicando tendência crescente com alta correlação entre o tempo e tendência dos alertas de degradação ambiental.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.210 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.036 (abaixo de 0.05), indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de alertas de degradação estimada para o ano de 2027 é de 1.32%; para o ano de 2032 é de 1.37%.

4.3.6. Análise das contribuições do PRA para a redução dos alertas de degradação nos imóveis rurais do Acre

A presente seção apresenta de forma resumida os resultados analisados na subseção 4.3. Os Quadros 6 e 7 apresentam os resultados obtidos pelas análises quantitativas que buscam avaliar em que medida o PRA, do CAR, contribui para a redução dos alertas de degradação nos imóveis rurais do Acre. O Quadro 6 detalha os métodos utilizados (análise de tendência por Regressão Linear Simples e Teste de Mann-Kendall e análise preditiva por Suavização Exponencial) e os resultados obtidos, enquanto o Quadro 7 apresenta a síntese destes resultados.

Quadro 6 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Alertas em Imóveis com TCA Assinado	Alertas em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
Análise da Tendência (Método de Regressão Linear Simples)	Todos os MFs	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall.
	Menor que 1 MF	Decrescente	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução dos alertas de degradação.
	Entre 1 e 4 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall.
	Entre 4 e 15 MF	Decrescente	Crescente	A assinatura do TCA e adesão ao PRA está contribuindo para a redução dos alertas de degradação.
	Maior que 15 MF	Crescente	Crescente	As duas análises apresentam tendência crescente, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall.
Análise da Tendência (Teste de Mann-Kendall)	Todos os MFs	Crescente / Nula	Crescente / Nula	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (1), Kendall's tau (0.048) e Sen's slope (0.000) indicam tendência levemente crescente, no entanto, P-value > 0.05 (1) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (13), Kendall's tau (0.619) e Sen's slope (0.078) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.072) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula.
	Menor que 1 MF	Decrescente / Nula	Crescente / Nula	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (-3), Kendall's tau (-0.143) e Sen's slope (-0.087) indicam tendência decrescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.764) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (7), Kendall's tau (0.333) e Sen's slope (0.038) indicam tendência crescente e P-value > 0.05 (0.368) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula.
	Entre 1 e 4 MF	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (9), Kendall's tau (0.429) e Sen's slope (0.162) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.230) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (19), Kendall's tau (0.905) e Sen's slope (0.193) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.007) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
	Entre 4 e 15 MF	Crescente / Nula	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (1), Kendall's tau (0.067) e Sen's slope (0.007) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (1) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (17), Kendall's tau (0.810) e Sen's slope (0.198) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.016) indica que a tendência é estatisticamente significativa.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Alertas em Imóveis com TCA Assinado	Alertas em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
	Maior que 15 MF	Crescente	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (19), Kendall's tau (0.905) e Sen's slope (0.118) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.007) indica que a tendência é estatisticamente significativa. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (15), Kendall's tau (0.714) e Sen's slope (0.210) indicam tendência crescente e P-value < 0.05 (0.036) indica que a tendência é estatisticamente significativa.
Análise Preditiva (Suavização Exponencial)	Todos os MFs	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos alertas com oscilações entre 0.40% e 1.14%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos alertas progredindo de 1.07% até 1.87%.
	Menor que 1 MF	Estabilidade	Estabilidade	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos alertas com oscilações entre 0% e 0.77%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi prevista a estabilidade dos alertas com oscilações entre 0.72% e 1.13%.
	Entre 1 e 4 MF	Estabilidade	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a estabilidade dos alertas com oscilações entre 1.08% e 1.88%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos alertas progredindo de 1.72% até 3.05%.
	Entre 4 e 15 MF	Decrescente	Crescente	1 - Em imóveis com TCA , foi prevista a diminuição dos alertas reduzindo de 0.90% até 0%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi previsto o crescimento dos alertas progredindo de 1.52% até 2.72%.
	Maior que 15 MF	Crescente	Estabilidade	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto o crescimento dos alertas progredindo de 0.76% até 2.15%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi prevista a estabilidade dos alertas com oscilações entre 1.22% e 1.45%.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 7 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos alertas de degradação em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Tamanho do Imóvel Rural	Análise da Tendência dos Alertas de Degradação	Análise Preditiva dos Alertas de Degradação
Todos os MFs	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Menor que 1 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 1 e 4 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Entre 4 e 15 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
Maior que 15 MF	Tendência com valores similares nos imóveis COM e SEM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MAIOR nos imóveis COM o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria.

As análises de tendência dos alertas de degradação ambiental em imóveis do CAR, indicam que o PRA contribui para redução dos alertas. Quando da análise de todos os imóveis em conjunto, bem como quando das diversas categorizações adotadas (em imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF) com TCA assinado, foram identificadas tendências de alertas de degradação menores que nos imóveis sem o TCA assinado. Por outro lado, em imóveis maiores que 15 MF com e sem TCA assinado, foram identificadas tendências com valores similares tanto em significância (P-value) quanto em magnitude (Sen's Slope), evidenciando a necessidade de um monitoramento maior dos imóveis do CAR pertencentes a esta categoria.

Em relação às análises preditivas dos alertas de degradação ambiental nos imóveis do CAR, os dados indicam que o PRA contribui para redução dos alertas. Nas análises agregadas, em imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF, com o TCA assinado, foram identificados percentuais de alertas menores que nos imóveis sem TCA assinado para os próximos 10 anos. De forma alarmante, em imóveis maiores que 15 MF com TCA assinado, foram identificados percentuais de alertas de degradação ambiental maiores que nos imóveis sem o TCA assinado para os próximos 10 anos.

Tais resultados demonstram a necessidade de ações que busquem reduzir a tendência dos alertas de degradação ambiental nesta categoria de imóvel (grandes propriedades). Segundo Okida (2019), estudo conduzido no estado do Pará indica que as grandes propriedades são menos suscetíveis a reduzir a degradação florestal baseada nas políticas públicas de regularização da terra. Assim, é necessário pensar políticas públicas regionais que atuem para a redução das degradações ambientais em imóveis maiores que 15 MF, na Amazônia brasileira.

Os resultados obtidos pelo estudo indicam que a adesão ao PRA, através da assinatura do TCA, está contribuindo para a redução dos alertas de degradação ambiental em imóveis rurais do CAR situados no Acre. Estes resultados podem ser utilizados no aprimoramento da política ambiental do estado em questão e de outras realidades no país, fornecendo indicadores de sustentabilidade e alertas que auxiliem o monitoramento do PRA. Como os dados de alertas de degradação são disponibilizados de forma diária pelo DETER, do INPE, é possível monitorar a distribuição dos alertas e realizar ações de combate à degradação ambiental usando

os dados espaciais utilizados na pesquisa, sendo importante ressaltar os benefícios da automatização das análises realizadas para a atualização dos dados e indicadores.

4.4. O Programa de Regularização Ambiental e as suas contribuições na redução de embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre

Com o objetivo de analisar a dinâmica dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR no estado do Acre, foi calculada a média de percentuais de embargos em imóveis por ano. A partir da Figura 42 é possível identificar a redução da média de percentuais de embargos ambientais principalmente entre 2017 e 2022.

Verificada a tendência crescente dos desmatamentos, focos de queimadas e alertas de degradação, tais informações corroboram as alegações de paralização dos institutos que atuam no monitoramento e controle dos desmatamentos e focos de queimadas, após a aprovação da Emenda Constitucional nº 95 (BRASIL, 2016), a qual foi responsável pelo congelamento de recursos do Ministério do Meio Ambiente (MESSIAS et al., 2021).

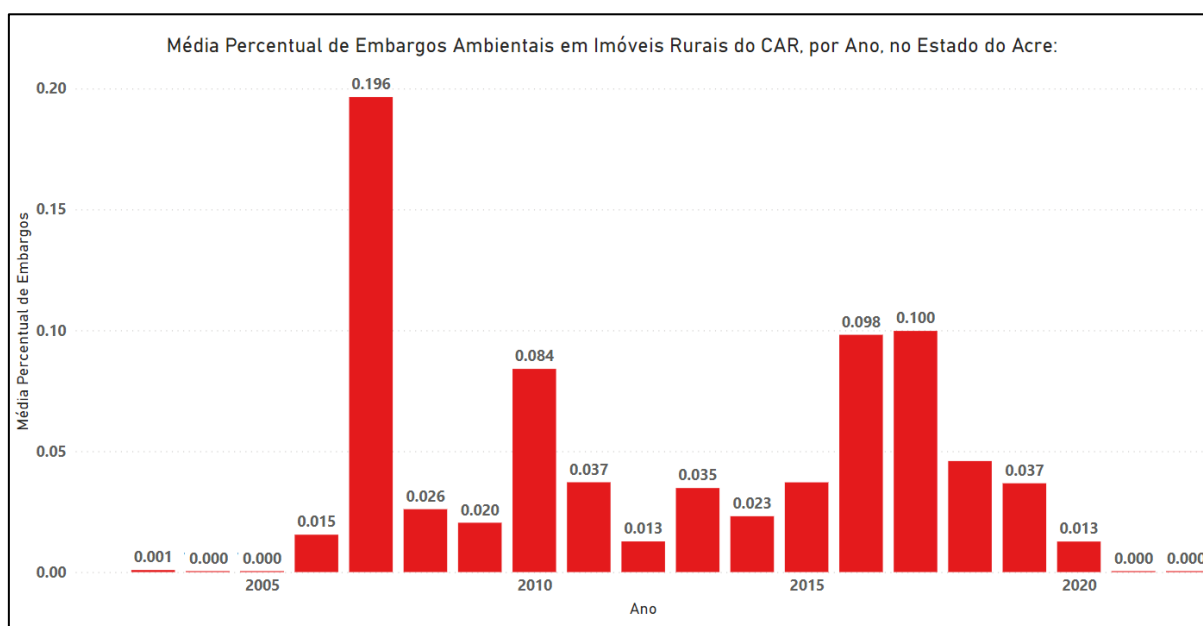


Figura 42 – Média percentual dos embargos ambientais federais em imóveis do CAR, no Estado do Acre (2003 – 2022).

Fonte: Elaboração própria.

Assim, foram realizadas as análises de tendência (método de regressão linear simples e teste de Mann-Kendall) e preditiva (método por suavização exponencial) para avaliar a direção, significância, magnitude e o cenário futuro, dos embargos

ambientais em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, no estado do Acre. Destaca-se que nesta subseção (4.4), não são realizadas as análises separando os imóveis rurais do CAR, por tamanho da propriedade. Nos imóveis com e sem TCA assinado, classificados por tamanho da propriedade, não foram identificados embargos ambientais significativos em diversos anos, o que impossibilitou realizar as análises de tendência e preditiva.

4.4.1. Análise dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado

A Tabela 49 apresenta as informações contendo os anos dos embargos ambientais, soma dos percentuais de embargos ambientais, quantidade de imóveis rurais analisados e média dos percentuais de embargos ambientais nos imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado. A média dos percentuais de embargos ambientais, em imóveis rurais cadastrados no CAR com e sem o TCA assinado, é o valor utilizado para realizar as análises de tendência e cenário futuro.

Tabela 49 – Cálculo da média dos percentuais de embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado.

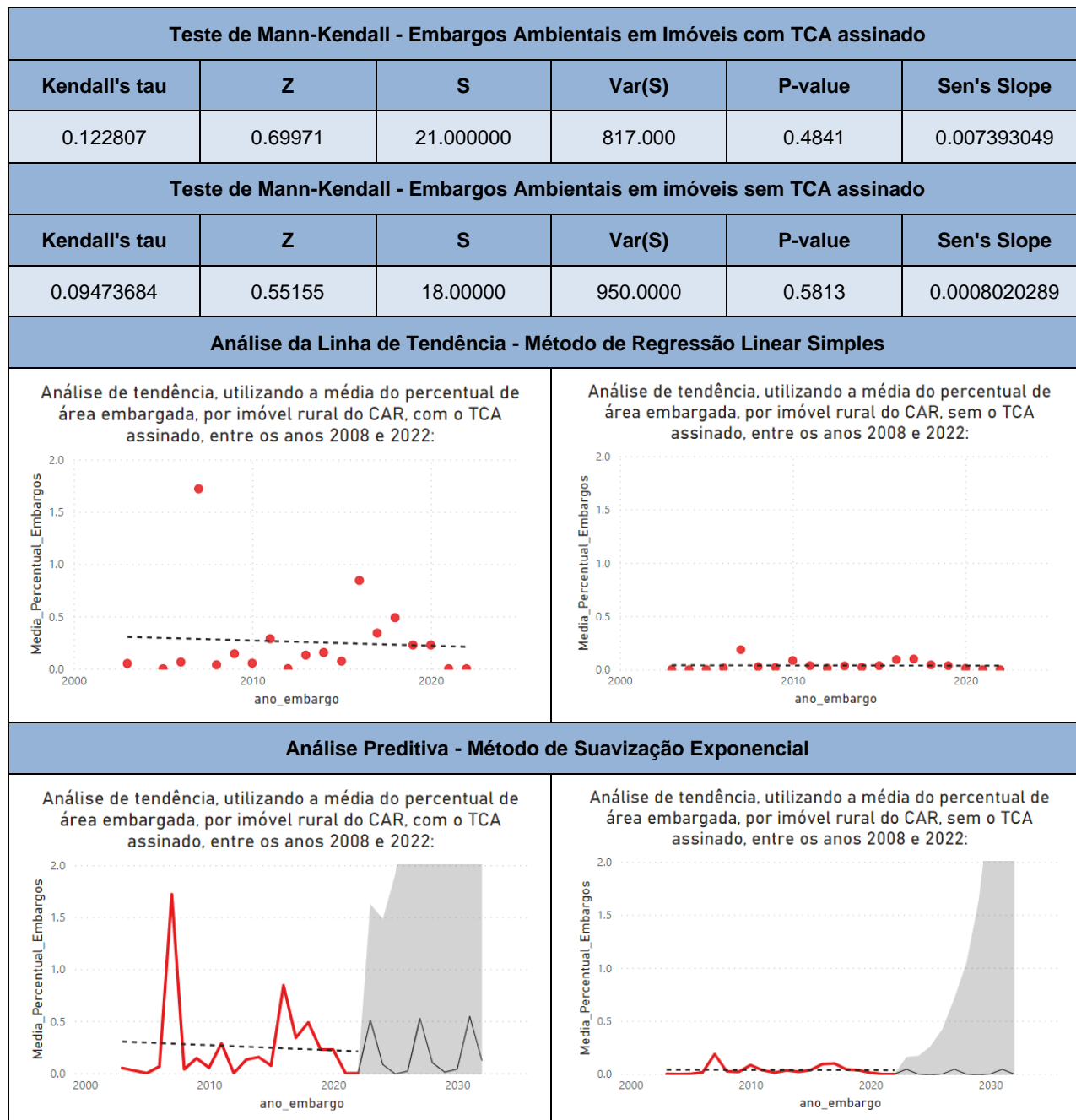
Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de embargos em imóveis do CAR
2003	14.342015	288	0.049799	2003	25.768270	46978	0.000549
2004	0	288	0	2004	0.010816	46978	0.000000
2005	0.006278	288	0.000022	2005	17.868321	46978	0.000380
2006	18.600411	288	0.064585	2006	712.399973	46978	0.015165
2007	495.621672	288	1.720909	2007	8790.960754	46978	0.187129
2008	10.745015	288	0.037309	2008	1218.646504	46978	0.025941
2009	41.324816	288	0.143489	2009	923.646097	46978	0.019661
2010	15.238338	288	0.052911	2010	3957.279707	46978	0.084237
2011	82.445016	288	0.286267	2011	1673.350203	46978	0.035620
2012	0.127608	288	0.000443	2012	599.333807	46978	0.012758
2013	37.629540	288	0.130658	2013	1605.427948	46978	0.034174
2014	44.678525	288	0.155134	2014	1047.095523	46978	0.022289

Imóveis com TCA assinado				Imóveis sem TCA assinado			
Ano	Soma dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Ano	Soma dos percentuais de embargos em imóveis do CAR	Quantidade de imóveis analisados	Média dos percentuais de embargos em imóveis do CAR
2015	20.908711	288	0.072600	2015	1733.115197	46978	0.036892
2016	243.327202	288	0.844886	2016	4395.401505	46978	0.093563
2017	98.294772	288	0.341301	2017	4616.057638	46978	0.098260
2018	140.531806	288	0.487958	2018	2030.097995	46978	0.043214
2019	65.457202	288	0.227282	2019	1670.334773	46978	0.035556
2020	65.152322	288	0.226223	2020	532.261182	46978	0.011330
2021	0.011949	288	0.000041	2021	0.559417	46978	0.000012
2022	0.006904	288	0.000024	2022	0.395659	46978	0.000008

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas 50 e 51 do estudo apresentam os resultados obtidos pelas análises de tendência e de cenário futuro, respectivamente.

Tabela 50 – Análise da tendência e cenário futuro de embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 51 – Análise preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais com e sem TCA assinado para os próximos 10 anos.

Ano	Média do percentual de embargos, em imóveis com TCA assinado	Média do percentual de embargos, em imóveis sem TCA assinado
2022	0.00	0.00
2023	0.51	0.04
2024	0.08	0.00
2025	0.00	0.00
2026	0.02	0.00
2027	0.53	0.04
2028	0.10	0.00
2029	0.01	0.00
2030	0.04	0.00
2031	0.55	0.04
2032	0.12	0.00

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de embargos ambientais em imóveis rurais cadastrados no CAR com o TCA assinado, são:

- 1) A linha de tendência de embargos ambientais se apresenta estável.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 21 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.123 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos embargos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.007 (positivo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.4841 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de embargos ambientais estimada para o ano de 2027 é de 0.53%; para o ano de 2032 é de 0.12%.

Os resultados obtidos pelas análises de tendência e cenário futuro das médias percentuais de embargos ambientais em imóveis rurais cadastrados no CAR **sem o TCA assinado**, são:

- 1) A linha de tendência de embargos ambientais se apresenta estável.
- 2) No teste de Mann-Kendall o valor de S é 18 (positivo), indicando tendência crescente.
- 3) No teste de Mann-Kendall o valor de Kendall's tau é 0.095 (valor positivo e próximo a 0), indicando tendência crescente com baixa correlação entre o tempo e tendência dos embargos.
- 4) No teste de Mann-Kendall o valor de Sen's Slope é 0.000 (nulo), indicando a magnitude da tendência, a qual é crescente.
- 5) No teste de Mann-Kendall o valor de p-value é 0.5813 (acima de 0.05), não indicando uma tendência estatisticamente significativa.
- 6) Na análise preditiva por suavização exponencial a média dos percentuais de embargos ambientais estimada para o ano de 2027 é de 0.04%; para o ano de 2032 é de 0.00%.

4.4.2. Análise das contribuições do PRA para a redução dos embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre

A presente seção apresenta de forma resumida os resultados analisados na subseção 4.4. Os Quadros 8 e 9 apresentam os resultados obtidos pelas análises quantitativas que buscam avaliar em que medida o PRA, do CAR, contribui para redução dos embargos nos imóveis rurais do Acre. O Quadro 8 detalha os métodos utilizados (análise de tendência por Regressão Linear Simples e Teste de Mann-Kendall e análise preditiva por Suavização Exponencial) e os resultados obtidos, enquanto o Quadro 9 apresenta a síntese destes resultados.

Quadro 8 – Resultados das análises de tendência e preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Método de Análise	Tamanho do Imóvel Rural	Embargos em Imóveis com TCA Assinado	Embargos em Imóveis sem TCA Assinado	Observação:
Análise da Tendência (Método de Regressão Linear Simples)	Todos os Módulos Fiscais	Estabilidade	Estabilidade	As duas análises apresentam tendência nula, sendo necessário realizar teste de Mann-Kendall.
Análise da Tendência (Teste de Mann-Kendall)	Todos os Módulos Fiscais	Nula	Nula	1 - Em imóveis com TCA , os valores de S (21), Kendall's tau (0.123) e Sen's slope (0.007) indicam tendência crescente, no entanto, P-value > 0.05 (0.484) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula. 2 - Em imóveis sem TCA , os valores de S (18), Kendall's tau (0.095) e Sen's slope (0.000) indicam tendência crescente e P-value > 0.05 (0.581) indica que a tendência não é estatisticamente significativa, sendo considerada nula.
Análise Preditiva (Suavização Exponencial)	Todos os Módulos Fiscais	Crescente	Estabilidade	1 - Em imóveis com TCA , foi previsto o crescimento dos embargos progredindo de 0% até 0.55%. 2 - Em imóveis sem TCA , foi prevista a estabilidade dos embargos com oscilações entre 0% e 0.04%.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 9 – Quadro síntese contendo os resultados das análises de tendência e preditiva dos embargos ambientais em imóveis rurais do CAR com e sem o TCA assinado no estado do Acre.

Tamanho do Imóvel Rural	Análise da Tendência (Teste de Mann-Kendall)	Análise Preditiva (Suavização Exponencial)
Todos os Módulos Fiscais	Tendência com valores similares nos imóveis COM e SEM o TCA assinado.	Previsão de embargos ambientais MAIOR nos imóveis COM o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria.

Nas análises de tendência de embargos ambientais em imóveis rurais do CAR, com e sem TCA assinado, foram identificadas tendências com valores similares em significância (P-value) e magnitude (Sen's Slope). Devido ao alto valor identificado em P-value, ambas as tendências possuem baixa significância, sendo consideradas nulas.

Em relação às análises preditivas de embargos ambientais em imóveis do CAR, foram identificados percentuais de embargos ambientais maiores em imóveis com o TCA assinado do que nos imóveis sem o TCA assinado para os próximos 10 anos. Isso ocorre porque imóveis que possuem embargos ambientais buscam sanar as suas pendências assinando o TCA (adesão ao PRA) e os polígonos de embargos ambientais do IBAMA não são excluídos da base de dados após assinatura destes, ocasionando uma maior proporção de área embargada nos imóveis que possuem o TCA assinado.

Dessa forma, é fundamental que seja implementado monitoramento contínuo nestes imóveis que aderiram ao PRA para identificar se os mesmos estão cumprindo os acordos estabelecidos no Termo de Compromisso Ambiental. Caso estes imóveis sejam regularizados ambientalmente sem o cumprimento dos acordos estabelecidos no TCA devem ser aplicadas sanções jurídicas cabíveis aos infratores. O sentimento de impunidade em relação às leis ambientais prejudica, de forma direta, o processo de regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros.

4.5. Síntese das análises quantitativas do Programa de Regularização Ambiental (PRA) e suas contribuições nos imóveis rurais do Acre

A partir das análises quantitativas, que avaliam a tendência e o cenário futuro de desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais nos imóveis do CAR, pode-se perceber as contribuições do PRA para a redução dos prejuízos socioambientais associados às variáveis supracitadas. As análises quantitativas realizadas demonstram que a assinatura do TCA e adesão ao PRA contribui para a redução dos desmatamentos, focos de queimada e alertas de degradação ambiental. Em relação aos embargos ambientais, foi identificada tendência similar em imóveis com e sem TCA assinado e análise preditiva maior em imóveis com TCA assinado.

As análises realizadas na subseção 4.1 indicam que apesar do desmatamento estar aumentando nos imóveis rurais inscritos no CAR, a assinatura do TCA (adesão ao PRA) contribuiu para a redução da tendência dos desmatamentos na análise agregada (todos imóveis), nos imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF. Os imóveis rurais maiores que 15 MF, com e sem TCA assinado, apresentaram uma tendência com valores similares, tanto em significância (P-Value) quanto em magnitude (Sen's Slope). As análises preditivas realizadas indicam que os imóveis com o TCA assinado terão um percentual de desmatamento menor que imóveis sem o TCA assinado, nos próximos 10 anos, em todas as categorias analisadas.

As análises realizadas na subseção 4.2 indicam que, mesmo com o aumento dos focos de queimada em imóveis rurais inscritos no CAR, a assinatura do TCA (adesão ao PRA) contribuiu para redução da tendência dos focos de queimadas em todas as categorias analisadas. Assim como na análise de tendência, as análises preditivas realizadas indicam que os imóveis com o TCA assinado terão uma quantidade de focos de queimadas menor que os imóveis sem o TCA assinado, nos próximos 10 anos, em todas as categorias analisadas.

As análises realizadas na subseção 4.3 indicam que a assinatura do TCA contribuiu para redução da tendência dos alertas de degradação na análise agregada, nos imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF. Os imóveis rurais maiores que 15 MF, com e sem TCA assinado, apresentaram tendências com valores similares, tanto em significância (P-Value) quanto em magnitude (*Sen's Slope*). As análises preditivas realizadas indicam que os imóveis com TCA assinado terão um percentual de alertas de degradação menor que os imóveis sem TCA assinado, nos próximos 10 anos, na análise agregada, em imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF e entre 4 e 15 MF. De forma alarmante, as análises preditivas indicam que imóveis maiores que 15 MF, com TCA assinado, terão um percentual de alertas de degradação maior que imóveis sem TCA assinado.

Por fim, as análises realizadas na subseção 4.4 indicam que, verificada a tendência crescente de desmatamentos, focos de queimada e alertas de degradação ambiental, a diminuição dos embargos ambientais nos imóveis rurais do CAR corrobora as alegações de paralização dos institutos que atuam no monitoramento e controle dos desmatamentos e focos de queimadas, nos últimos 4 anos. A análise

de tendência de embargos ambientais em imóveis rurais do CAR, com e sem o TCA assinado, indica tendência com valores similares, tanto em significância (P-Value) quanto em magnitude (Sen's Slope). A análise preditiva de embargos ambientais indica que os imóveis com o TCA assinado terão um percentual de área embargada maior que os imóveis sem o TCA assinado, nos próximos 10 anos. Conforme mencionado, imóveis rurais que possuem embargo ambiental procuram o PRA para sanar as pendências. Estes embargos, que na maior parte das vezes foram aplicados antes da assinatura do TCA, influenciam as análises de tendência e preditiva.

O Quadro 10 sintetiza as análises quantitativas realizadas pelo estudo, que avaliam em que medida o PRA, do CAR, contribui para redução de desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre. A cor verde identifica análise de tendência ou preditiva menor em imóveis rurais com o TCA assinado. A cor amarela identifica análise de tendência ou preditiva similar em imóveis rurais com e sem o TCA assinado. A cor vermelha identifica análise de tendência ou preditiva maior em imóveis rurais com o TCA assinado.

Quadro 10 – Síntese das análises quantitativas do PRA, do CAR, e suas contribuições para a redução dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre.

	Tamanho do Imóvel	Análise de Tendência	Análise Preditiva (10 anos)
DESMATAMENTOS	Todos os MFs	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Menor que 1 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Entre 1 e 4 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Entre 4 e 15 MF	Tendência dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Maior que 15 MF	Tendência com valores similares nos imóveis COM e SEM o TCA assinado.	Previsão dos desmatamentos MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
FOCOS DE QUEIMADA	Todos os MFs	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Menor que 1 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.

	Entre 1 e 4 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Entre 4 e 15 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Maior que 15 MF	Tendência de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de focos de queimadas MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
ALERTAS DE DEGRADAÇÃO	Todos os MFs	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Menor que 1 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Entre 1 e 4 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Entre 4 e 15 MF	Tendência de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MENOR nos imóveis COM o TCA assinado.
	Maior que 15 MF	Tendência com valores similares nos imóveis COM e SEM o TCA assinado.	Previsão de alertas de degradação MAIOR nos imóveis COM o TCA assinado.
EMBARGOS AMBIENTAIS	Todos os MFs	Tendência com valores similares nos imóveis COM e SEM o TCA assinado.	Previsão de embargos ambientais MAIOR nos imóveis COM o TCA assinado.

Fonte: Elaboração própria.

Dos 32 resultados apresentados, 27 foram classificados com a cor verde, 3 com a cor amarela e 2 com a cor vermelha. Assim, os resultados apresentados no Quadro 10 indicam uma relação positiva entre a adesão ao PRA e a mitigação dos problemas ambientais nos imóveis rurais do Acre.

4.6. Análise dos impactos do PRA e CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais e os desafios e oportunidades para implementar a regularização ambiental no Brasil

Nesta subseção, o estudo se predispõe a apresentar os resultados de análises das entrevistas semiestruturadas, que foram realizadas para avaliar os impactos do PRA e CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais e os desafios e oportunidades para implementar a regularização ambiental no Brasil. A análise das entrevistas semiestruturadas, com a utilização de dados qualitativos, tem o objetivo de abordar diferentes perspectivas sobre o tema delineando aspectos

subjetivos do fenômeno estudado. Durante o estudo foram entrevistados os gestores públicos (entrevistados 1, 2, 3 e 4), servidores públicos e técnicos (entrevistados 5, 6 e 7) e especialistas em gestão do território (entrevistados 8, 9, 10, 11 e 12).

Segundo as entrevistas realizadas com gestores públicos, servidores públicos e técnicos e especialistas em gestão do território, o PRA e CAR são fundamentais para a conservação dos recursos naturais brasileiros. O entrevistado 9 mencionou que “as Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal, situadas nos imóveis rurais brasileiros, são responsáveis pela conservação de cobertura florestal similar à Unidades de Conservação e Terras Indígenas, no Brasil”.

De acordo com Gerd Sparovek, em entrevista ao jornal O GLOBO (2018), as áreas de Unidades de Conservação e Terras Indígenas somadas totalizam cerca de 217 milhões de hectares. Por outro lado, o Código Florestal exige que cerca de 177 milhões de hectares sejam conservados como Reservas Legais e APP nos imóveis do CAR. Desta forma, a implementação das restrições ao uso do solo nas áreas de Unidade de Conservação, Terra Indígena, Reserva Legal e APP são as principais estratégias para conservação das áreas florestais no território brasileiro.

De acordo com o entrevistado 10 “a identificação de limites de imóveis, áreas de preservação permanente, reservas legais, remanescentes florestais, áreas com uso consolidado, entre outros, possibilita o conhecimento detalhado das condições ambientais dos imóveis rurais do CAR, permitindo qualificar os desmatamentos como legais ou ilegais”. A identificação das áreas que devem ter uso restrito permite que os órgãos ambientais exijam o cumprimento da legislação ambiental de forma transparente, uma vez que os dados são públicos.

Após a análise e validação dos imóveis inscritos no CAR e a identificação de passivos ambientais existentes, o PRA aparece como instrumento para viabilizar a restauração das áreas florestais e a regularização destes passivos. De acordo com a entrevistada 12 tais fatores fazem do CAR e PRA dois importantes instrumentos para a melhoria das condições ambientais nos imóveis rurais brasileiros.

Também foi ressaltada a importância das Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais para atingir o equilíbrio ecológico entre produção e conservação ambiental nos imóveis rurais brasileiros. Segundo a entrevistada 11 “estas áreas de floresta auxiliam os produtores rurais promovendo a manutenção do fluxo de água

nas nascentes, menor assoreamento dos rios, polinização e dispersão de sementes, conservação de recursos hídricos, controle de pragas, entre outros”. Foi mencionado pela entrevistada 12 que “a maior parte dos produtores rurais entende a necessidade de conservar Áreas de Preservação Permanente em nascentes e matas ciliares, uma vez que são fundamentais para melhorar a quantidade e qualidade da água, recurso fundamental para a agricultura e pecuária”.

O entrevistado 3 abordou a importância da conservação dos remanescentes florestais localizados fora das APPs e Reservas Legais. Segundo o entrevistado 3 “os remanescentes florestais realizam diversos tipos de serviços ecossistêmicos, sendo importante criar estratégias e programas de governo para a conservação destas áreas de floresta. Estas estratégias devem ter o objetivo de compensar os produtores rurais que estão contribuindo para a conservação do ambiente nos imóveis rurais brasileiros”.

Em relação aos impactos socioeconômicos do PRA e CAR nos imóveis rurais, as entrevistas demonstram que o CAR é imprescindível para acessar uma série de políticas públicas que visam a melhoria de suas condições sociais e econômicas. A entrevistada 8 citou que “a política de regularização fundiária exige a inscrição do imóvel no CAR como um dos pré-requisitos para implementar o direito à terra”. Foi ressaltado que dados do CAR não devem ser usados para fins fundiários, uma vez que são declaratórios.

Outro aspecto mencionado pelas 3 categorias entrevistadas, foi a importância do CAR e da regularização ambiental na qualificação dos imóveis rurais brasileiros para acessar as políticas de incentivo econômico, como por exemplo o crédito rural (entrevistados 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11 e 12). Segundo a entrevistada 4 “a tendência é que outras políticas sociais e econômicas também passem a solicitar o CAR como um pré-requisito para o acesso, integrando a conservação ambiental com o aumento da produtividade e renda”. Com isso, a regularização ambiental aparece como uma garantia de que o imóvel rural está de acordo com a legislação ambiental, podendo avançar com as decisões estratégicas produtivas e políticas de fomento.

A entrevistada 12 mencionou que “o PRA e CAR potencializam e viabilizam atividades econômicas que valorizam a floresta em pé, projetos que possibilitam o retorno financeiro aos produtores rurais que conservam as suas florestas (como por

exemplo, projetos de pagamentos por serviços ambientais) e projetos que auxiliam os produtores rurais a realizar a recuperação das áreas degradadas”. Em relação às atividades econômicas que valorizam a floresta em pé, é importante que haja meios bem definidos para o escoamento da produção, ou seja, é necessário pensar a cadeia produtiva brasileira para além dos grãos e bovinos, a qual já está bem estruturada (como por exemplo o projeto Valorizando Cadeias Socioprodutivas Amazônicas do Fundo Amazônia). Sobre os projetos de pagamentos por serviços ambientais, foram mencionados os projetos Olhos d’Água da Amazônia, Guardião das águas e Adote uma nascente no município de Alta Floresta (MT) e o projeto Conservador das Águas no município de Extrema (MG) (FUNDO AMAZÔNIA, 2016; EMBRAPA, 2021). Em relação aos projetos que auxiliam os produtores rurais a fazer a recuperação de áreas degradadas, foi mencionada a necessidade de melhorar a disponibilidade de recursos financeiros e assistência técnica especializada para a implementação da restauração florestal em áreas de passivo ambiental.

Ainda que o CAR contribua para melhoria das condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais brasileiros, com uma série de oportunidades, a implementação da regularização ambiental possui muitos desafios.

Durante as entrevistas foram abordados diversos desafios e oportunidades para a implementação do PRA e do CAR, no Brasil. Os desafios identificados na pesquisa são obstáculos que precisam ser superados para realizar a implementação da política de regularização ambiental. Dentre os desafios cabe destacar a necessidade de avançar com as etapas de análise e aprovação do CAR, de melhorar o monitoramento das restrições ao uso do solo, de fortalecer a articulação entre os órgãos públicos e o arranjo institucional, de prover linhas de crédito e outros instrumentos de incentivos econômicos para a conservação ambiental, de melhorar a interoperabilidade entre os dados do CAR com as outras bases de dados oficiais e de aumentar a capacidade humana, técnica e financeira.

De acordo com o entrevistado 3 “etapas de análise e aprovação do CAR são fundamentais para identificar e penalizar os proprietários de imóveis rurais que não estão de acordo com a legislação ambiental brasileira”. Também foi mencionada a necessidade de conceder benefícios aos proprietários de imóveis rurais que estão cumprindo a lei ambiental. Entretanto, mesmo com a disponibilidade de técnicas e

tecnologias para a automatização dos cruzamentos espaciais, pouco se avançou nas etapas de análise e aprovação do CAR.

Análise feita pelo Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG revelou que, nestes dez anos de Código Florestal, apenas 7% dos cadastros realizados no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) – dos aproximadamente 6 milhões de imóveis cadastrados – já começaram a ser analisados. Segundo o levantamento, 92% aguardam análise e pré validação, enquanto 7% estão sendo analisados ou têm pendências. Apenas 0,4%, o equivalente a 29 mil, tiveram sua análise feita com sucesso. (VALPORTO, 2022)

Os números mencionados acima demonstram a necessidade de desenvolver métodos que promovam a automatização de análises espaciais e interoperabilidade de informações disponíveis em diferentes bancos de dados. O cruzamento de dados de uso do solo, desmatamento, focos de queimada, alertas de degradação ambiental, embargos ambientais, áreas de preservação permanente, reserva legal, entre outros, de forma automatizada, permite uma rápida identificação dos imóveis que possuem déficit ambiental. Estes imóveis identificados devem receber uma análise detalhada para notificar os proprietários dos ajustes necessários para adequação do imóvel à legislação ambiental vigente.

Durante as entrevistas com os especialistas em gestão territorial foi colocado que a não aplicação das penalidades previstas em lei vem causando um crescente sentimento de impunidade em relação as leis ambientais, prejudicando diretamente o processo de regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros. Segundo as entrevistas conduzidas por Azevedo et al. (2017), o sentimento de impunidade torna a prática do desmatamento lucrativa, uma vez que não são aplicadas as multas pelas infrações ambientais e ocorre a valorização da terra.

Alguns pequenos agricultores relataram sentir que estavam sendo observados mais de perto pelo estado depois de se juntarem ao CAR, apoiando a ideia de que o CAR poderia reduzir os custos de monitoramento e melhorar a aplicação da lei. No entanto, essa percepção inicial de risco diminuiu ao longo do tempo — em alguns casos, até o ponto em que os benefícios do aumento do desmatamento (por exemplo, aumento do valor da terra) superaram

os custos potenciais (por exemplo, multas) (AZEVEDO, et al., 2017, p.7655 tradução nossa)¹⁵.

Assim, se faz imperativo melhorar o monitoramento das restrições ao uso do solo nos imóveis do CAR, principalmente nas APPs e Reservas Legais. Segundo as entrevistas realizadas com gestores públicos, é importante que o monitoramento seja realizado antes e após a assinatura do TCA, e que as áreas de restauração sejam constantemente monitoradas para avaliar se as condicionantes ambientais estão sendo cumpridas. Caso as condicionantes ambientais não sejam monitoradas, é possível que o sentimento de impunidade afete os imóveis rurais do CAR com o TCA assinado, elevando as taxas de desmatamento, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis rurais brasileiros.

Em relação a mudança no quadro institucional responsável pelo CAR e PRA em nível federal foi mencionado pela entrevistada 12 que “ainda é cedo para avaliar a capacidade do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), para fazer a gestão do CAR”. No entanto, a falta de definição quanto aos papéis do Serviço Florestal Brasileiro e do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), após a mudança do CAR para o MGI, foi colocada como um desafio a ser superado.

Também foi abordado pela entrevistada 12 o desafio de “construir um arranjo institucional para a prestação dos serviços de assistência técnica e extensionismo rural, que auxilie os proprietários de terra a realizar a adequação do imóvel rural à legislação ambiental vigente”. Além da assistência técnica, é necessária a provisão de linhas de crédito e instrumentos de incentivo econômico, aos proprietários de terra que pratiquem a conservação ambiental.

Os entrevistados 2, 3, 9, 10 e 12 abordaram o desafio de relacionar as informações do CAR, com outras bases de dados oficiais, visando diminuir as inconsistências em informações declaradas. A utilização das informações fundiárias do SIGEF pode auxiliar a identificar se os dados do imóvel (limites, proprietários,

¹⁵ “Some small farmers reported feeling like they were being watched more closely by the state after joining CAR, supporting the idea that CAR could lower monitoring costs and improve enforcement. However, this initial perception of risk has decreased over time—in some cases to the point where the benefits of increasing deforestation (e.g., increased land value) outweigh the potential costs (e.g., fines).” (AZEVEDO, et al., 2017)

nome do imóvel, entre outros) estão corretos. Os dados fiscais do CAFIR podem auxiliar a identificar se os imóveis do CAR estão em dia com os devidos impostos territoriais. As informações do zoneamento podem auxiliar a identificar se os usos do imóvel são compatíveis com suas zonas. Assim, foi mencionado o desafio de implementar sistemas que promovam a interoperabilidade dos dados de diferente instituições do governo com os dados do CAR.

Além dos desafios, as entrevistas realizadas identificaram oportunidades para a implementação do PRA e do CAR, no Brasil. Segundo os especialistas em gestão do território, o Brasil possui uma boa disponibilidade de recursos para a implementação de projetos que visem a conservação ambiental, a restauração florestal e a regularização ambiental. Um exemplo disto é o Fundo Amazônia, que já apoiou projetos nos eixos de atuação da produção sustentável, do ordenamento territorial, do monitoramento e controle e da ciência, inovação e instrumentos econômicos, com aproximadamente 1.8 bilhões de reais (BRASIL, 2023). O objetivo destes fundos é captar recursos para ações que visem a conservação ambiental e o uso sustentável do solo, sendo uma oportunidade para os projetos que procuram implementar a regularização ambiental de imóveis do CAR.

Os imóveis rurais com passivos ambientais têm a oportunidade de realizar a restauração destas áreas com apoio de assistência técnica especializada auxiliando na seleção das espécies e nos métodos de plantios, como por exemplo, no uso de agrofloresta para a restauração florestal. Segundo o entrevistado 3 “os estados estão adotando diferentes estratégias para auxiliar os produtores rurais, como o envio de mudas de viveiros e parcerias com os órgãos de assistência técnica e extensionismo rural”.

Os especialistas em gestão territorial realçaram que o CAR tem o objetivo de realizar a regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros, e que não devem ser utilizados para fins fundiários, pois são declaratórios. No entanto, também foi mencionado que os dados do CAR podem ser utilizados como uma camada para o planejamento de ações de regularização fundiária. Assim, o CAR pode ser utilizado como instrumento de ordenamento territorial para atender diferentes instâncias dos governos federal, estadual e municipal e para a integração das políticas públicas.

Por fim, foi mencionado pelos entrevistados 2, 3, 8 e 12, a oportunidade de elaborar sistemas interoperáveis e automatizados utilizando os dados do CAR que auxiliem nos processos de tomada de decisão e de prestação de serviços a sociedade, gerando indicadores de sustentabilidade que monitorem o cumprimento da política ambiental brasileira.

4.7. Proposição de sistema de monitoramento do PRA e do CAR para tratar das variáveis analisadas nos imóveis rurais do Acre

Partindo dos resultados e contribuições apresentados no estudo, é importante ressaltar a necessidade de se pensar desdobramentos que possam convergir para o desenvolvimento da discussão realizada. Entre estes desdobramentos se identifica a importância de implementar sistemas interoperáveis, automatizados e flexíveis que possibilitem o monitoramento dos indicadores de sustentabilidade. Assim, com o uso das informações armazenadas no banco de dados da pesquisa, foi elaborado um sistema para monitoramento da tendência (método de regressão linear simples) e do cenário futuro (método de suavização exponencial) dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais do CAR, situados no estado do Acre, comparando os resultados obtidos nos imóveis que aderiram ao PRA (assinaram o TCA) com os imóveis que não aderiram ao PRA (não assinaram o TCA).

O sistema de monitoramento do PRA do CAR foi desenvolvido utilizando os softwares Power BI e PgAdmin, e pode ser acessado através da internet¹⁶. Seguindo o método utilizado na pesquisa, o sistema de monitoramento possibilita o filtro dos imóveis rurais do CAR por tamanho da propriedade (todos os imóveis, imóveis menores que 1 MF, entre 1 e 4 MF, entre 4 e 15 MF e maiores que 15 MF).

As Figuras abaixo (Figuras 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51 e 52) apresentam as telas do sistema de monitoramento que analisa as contribuições do PRA do CAR na redução de desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais, nos imóveis rurais do Acre. O sistema proposto promove a

¹⁶

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieYjJIMzNkOWQtNTg0NS00ZDU0LTgxNWEtZDY2MjFmYjNINTUzLiwidCI6IjY0ZGI1YTc5LWI5ZGMtNDMyNi04Y2YxLWNmZDc2YTI5MTJmZSJ9>

interoperabilidade dos dados espaciais do CAR, com as bases de dados do INPE (Prodes, BdQueimadas e Deter) e do IBAMA.

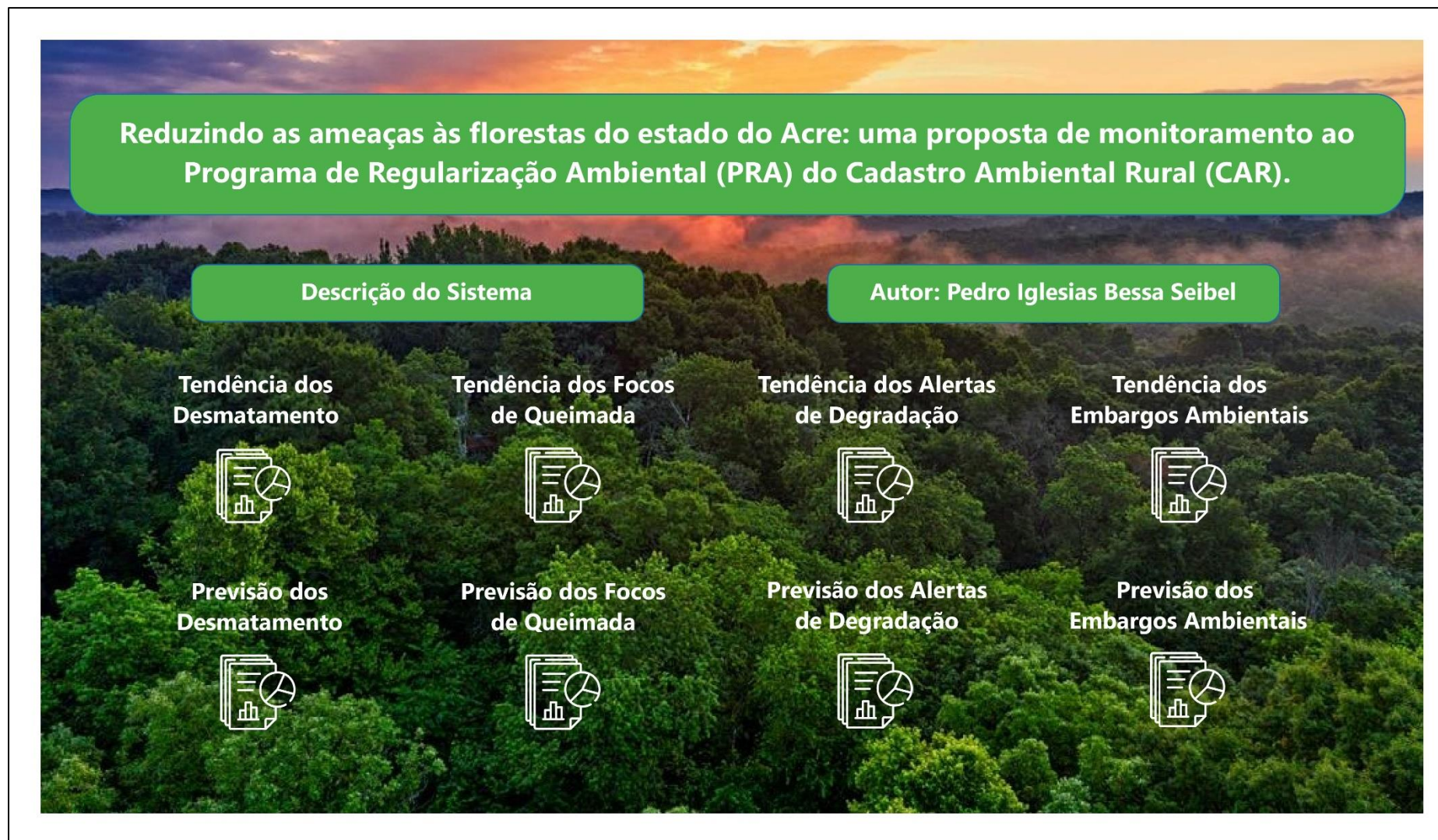


Figura 43 – Tela inicial do sistema de monitoramento proposto.
Fonte: Elaboração própria.



O QUE É

É uma ferramenta de análise e monitoramento dos imóveis do PRA, do CAR, para auxiliar a tomada de decisão e a prestação de serviços à sociedade, através da disponibilização de indicadores de sustentabilidade.



COMO FUNCIONA

O sistema é atualizado conforme a demanda dos gestores e técnicos ambientais e se baseia em análises espaciais e estatísticas que foram automatizadas utilizando linguagem de banco de dados PostgreSQL / PostGIS.

**Voltar para a
Tela Inicial:**



OBJETIVO

O sistema tem objetivo de analisar em que medida o PRA do CAR está contribuindo para a redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre.



RESULTADOS

Como resultado tem-se um diagnóstico das contribuições do PRA, do CAR, para a redução dos desmatamentos, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre.

Figura 44 – Tela contendo a descrição do sistema de monitoramento proposto.
Fonte: Elaboração própria.

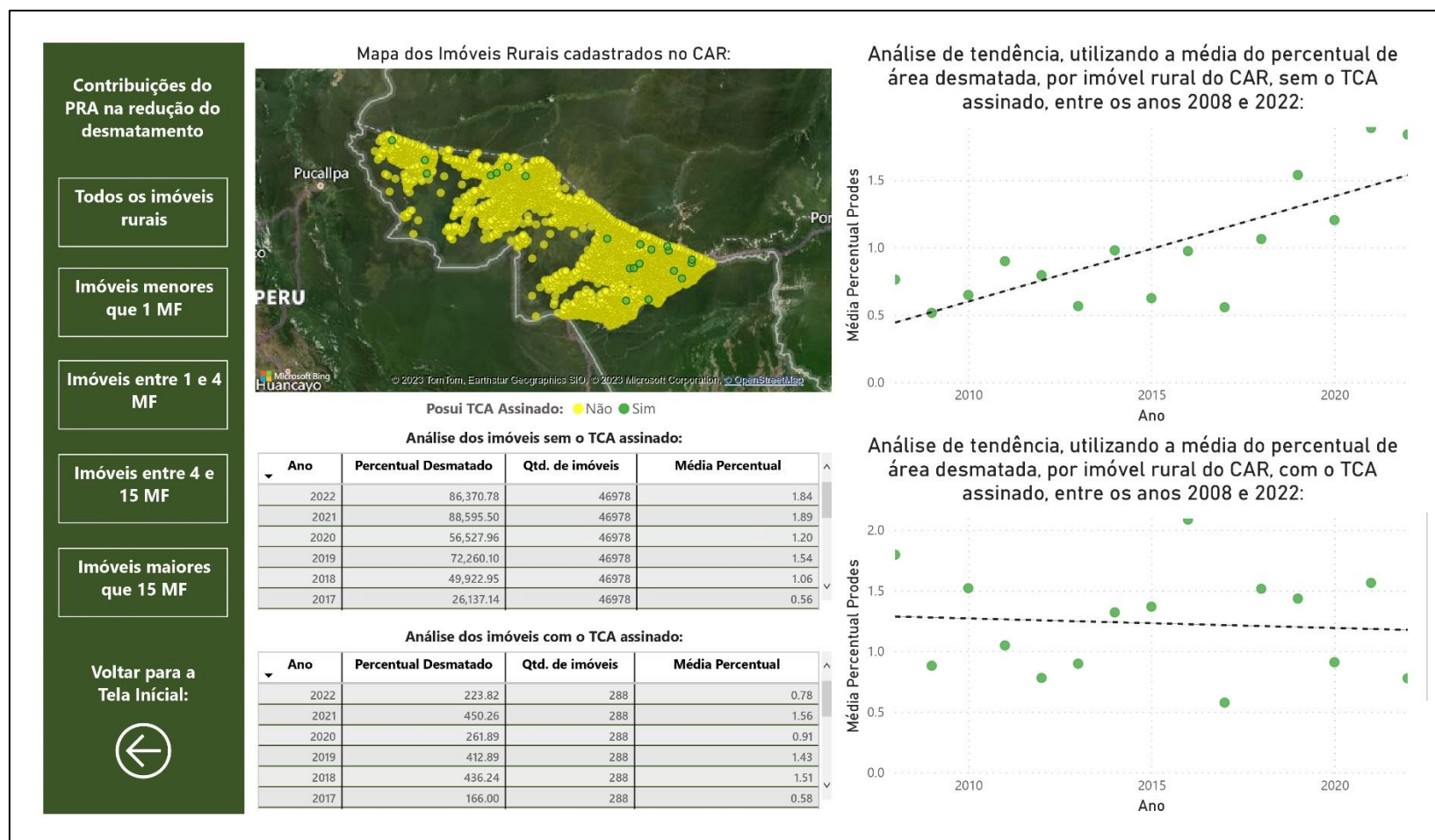


Figura 45 – Tela de análise da tendência dos desmatamentos (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

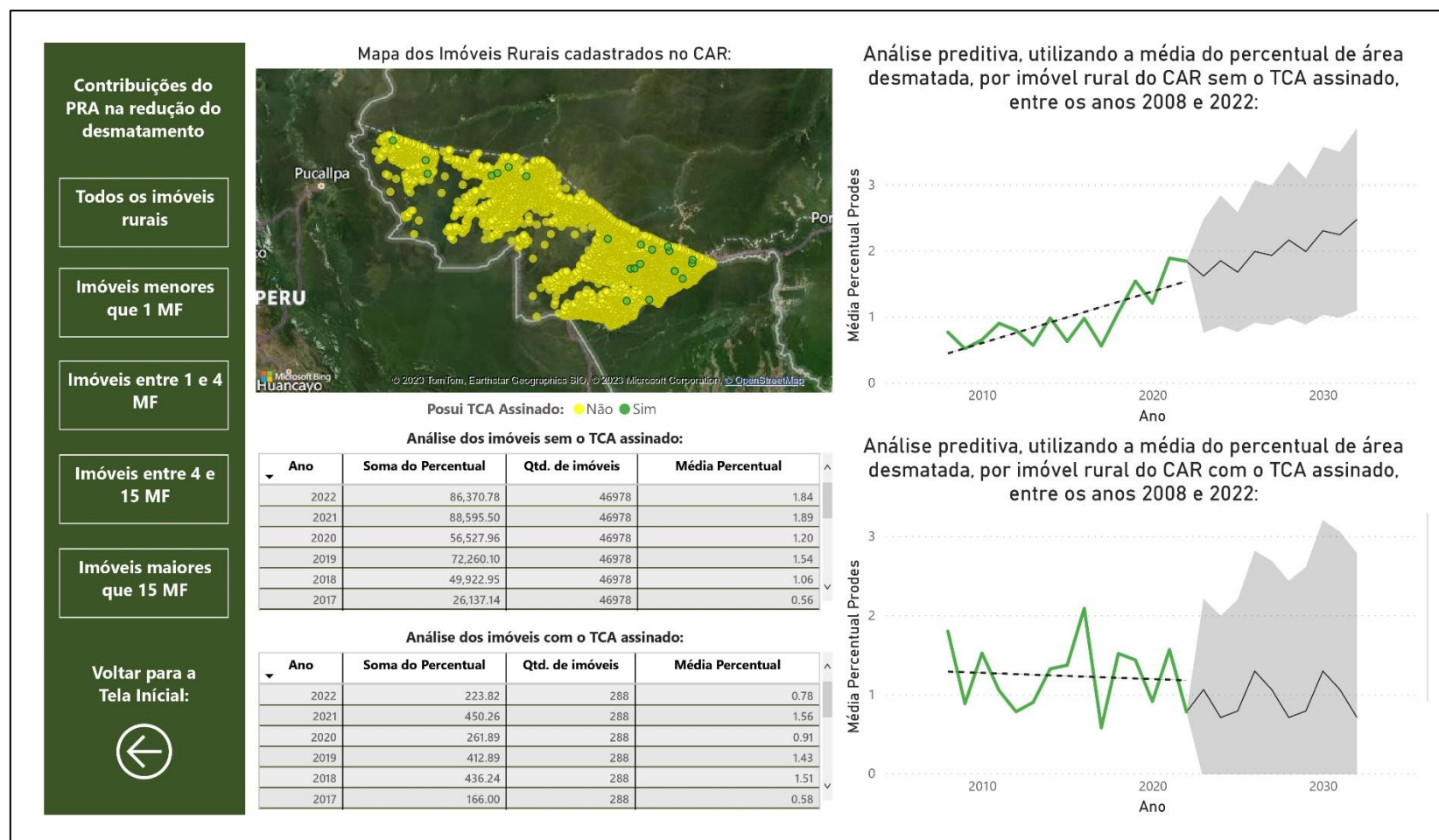


Figura 46 – Tela de análise preditiva dos desmatamentos (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

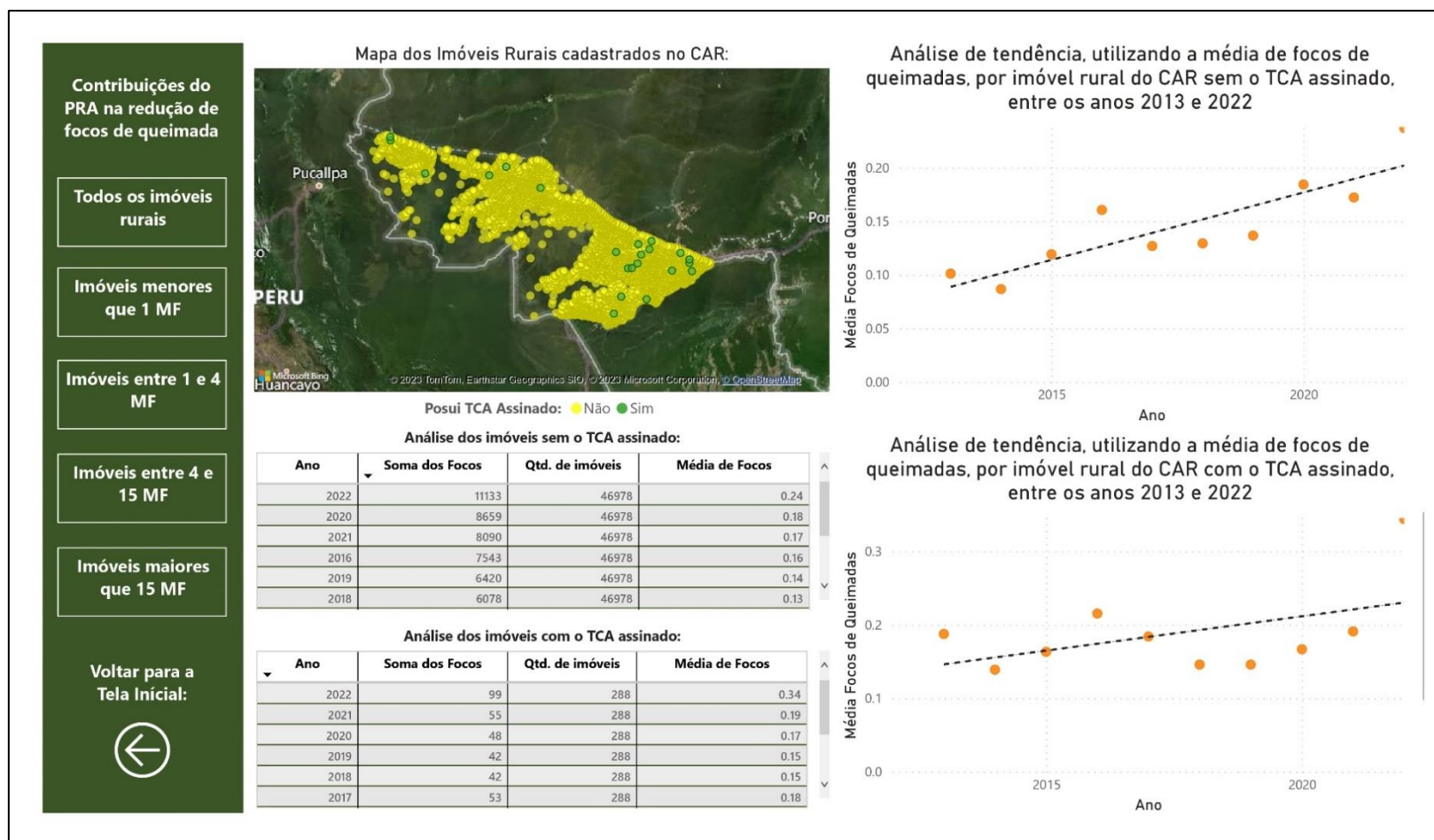


Figura 47 – Tela de análise da tendência dos focos de queimadas (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

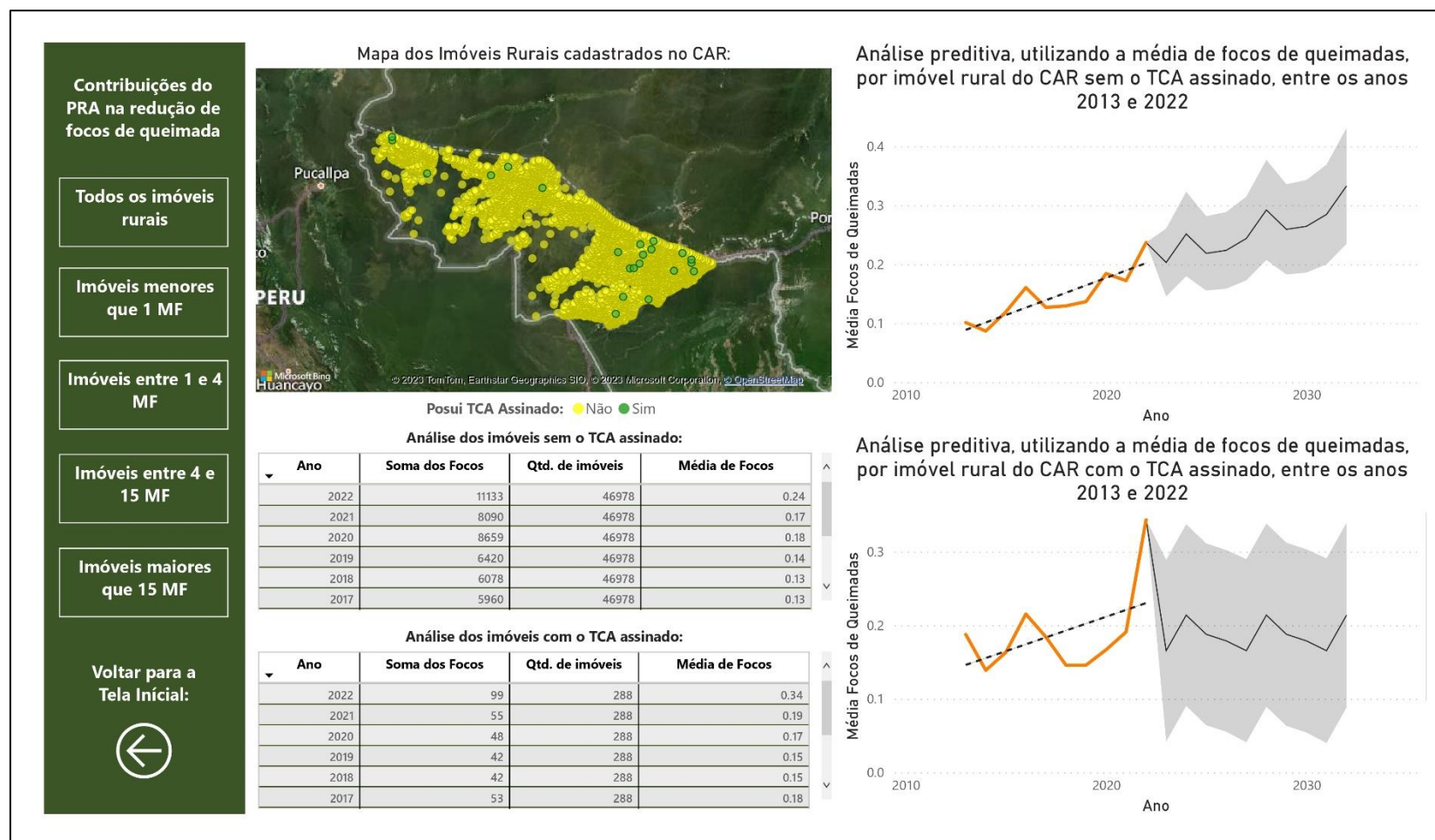


Figura 48 – Tela de análise preditiva dos focos de queimada (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.
Fonte: Elaboração própria.

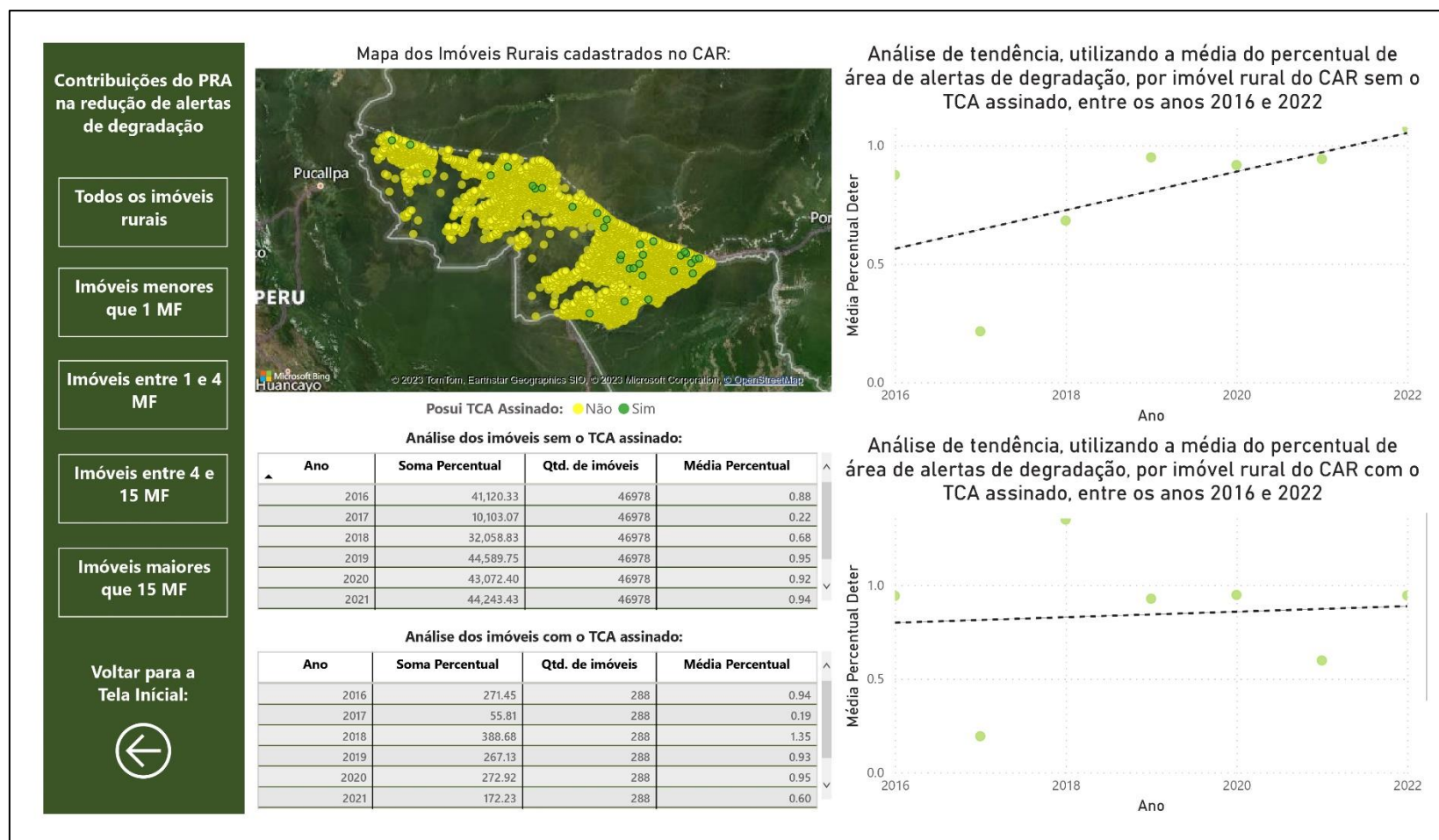


Figura 49 – Tela de análise da tendência dos alertas de degradação ambiental (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

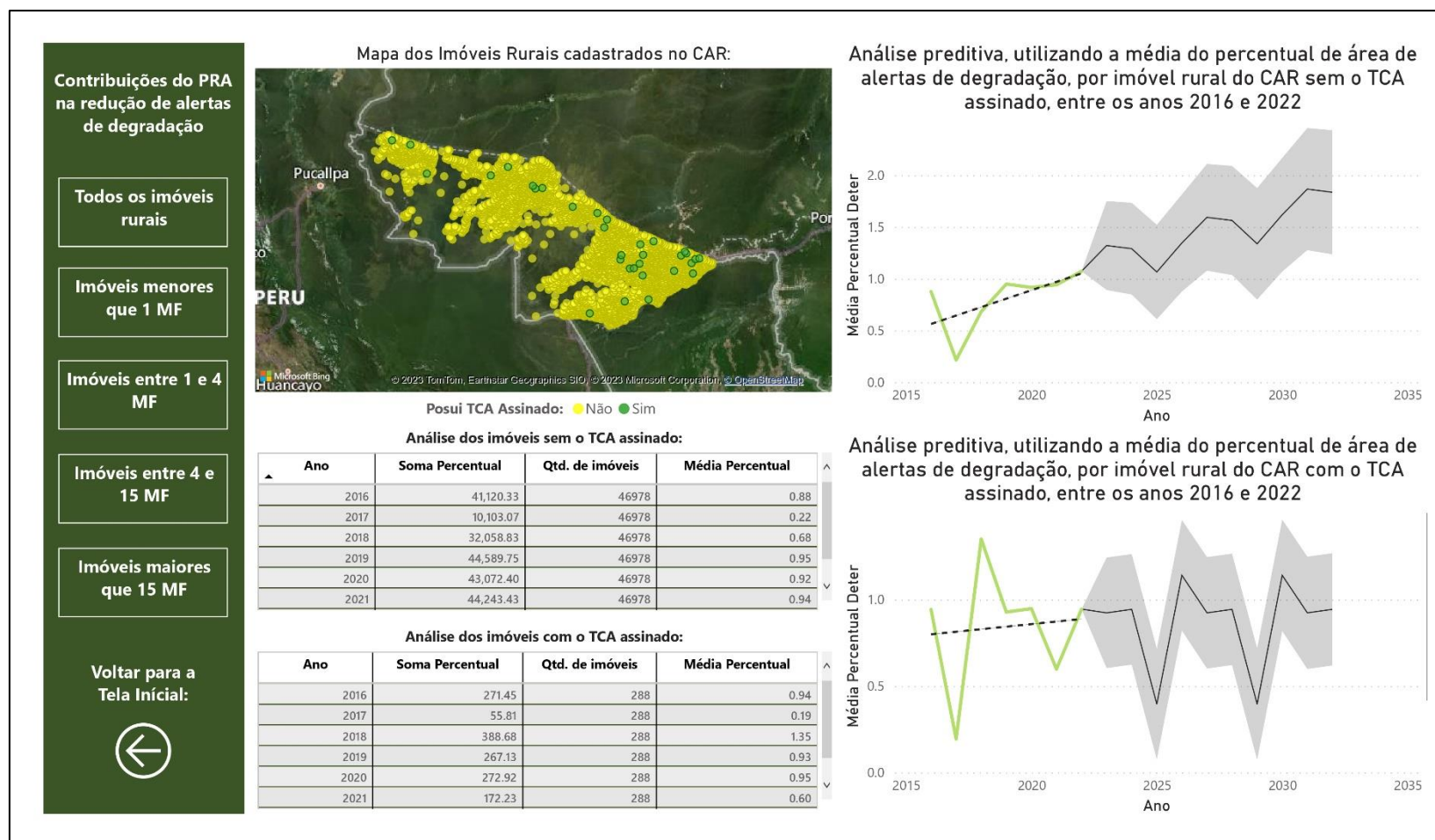


Figura 50 – Tela de análise preditiva dos alertas de degradação ambiental (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

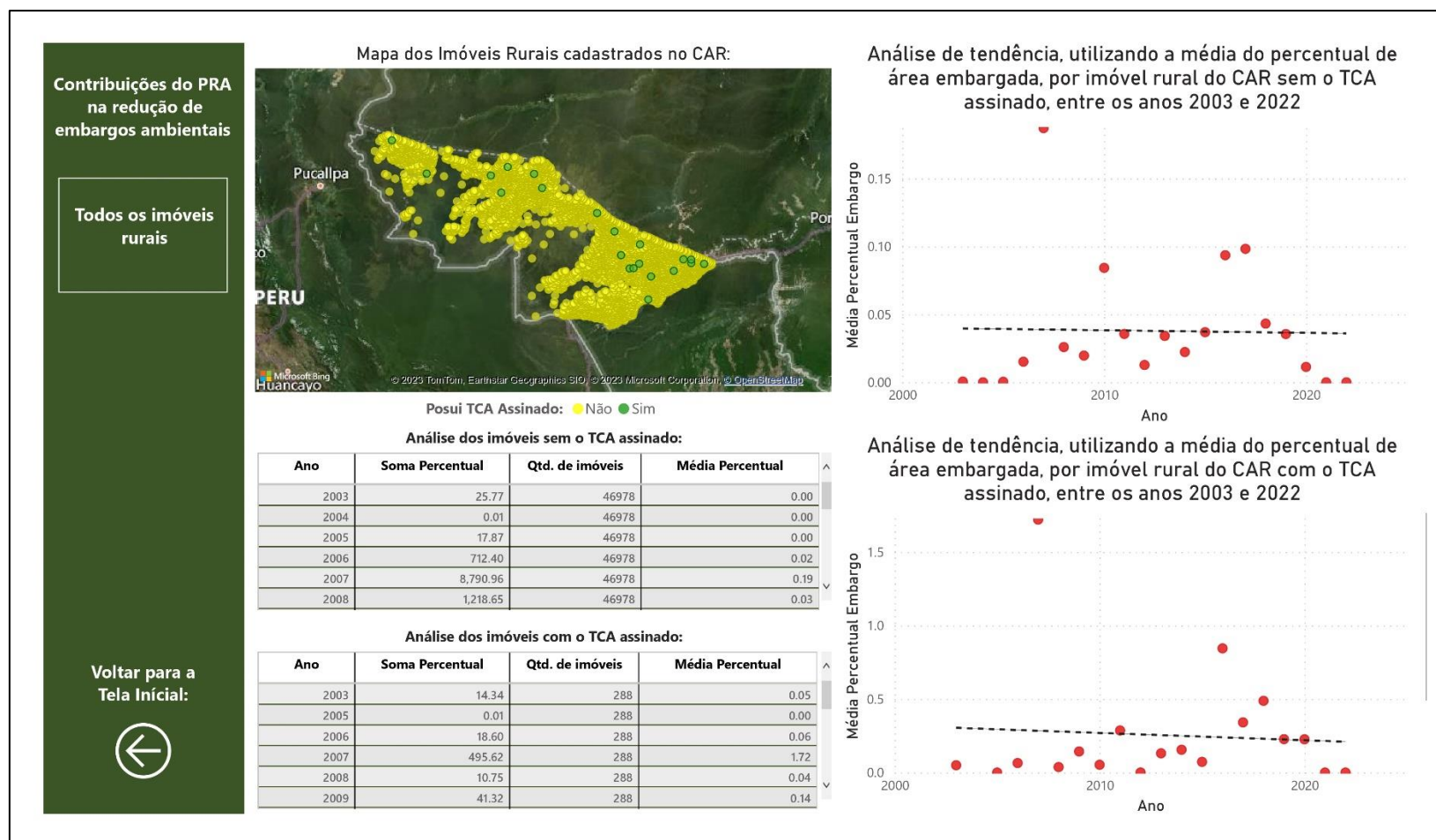


Figura 51 – Tela de análise da tendência dos embargos ambientais (método de regressão linear simples), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

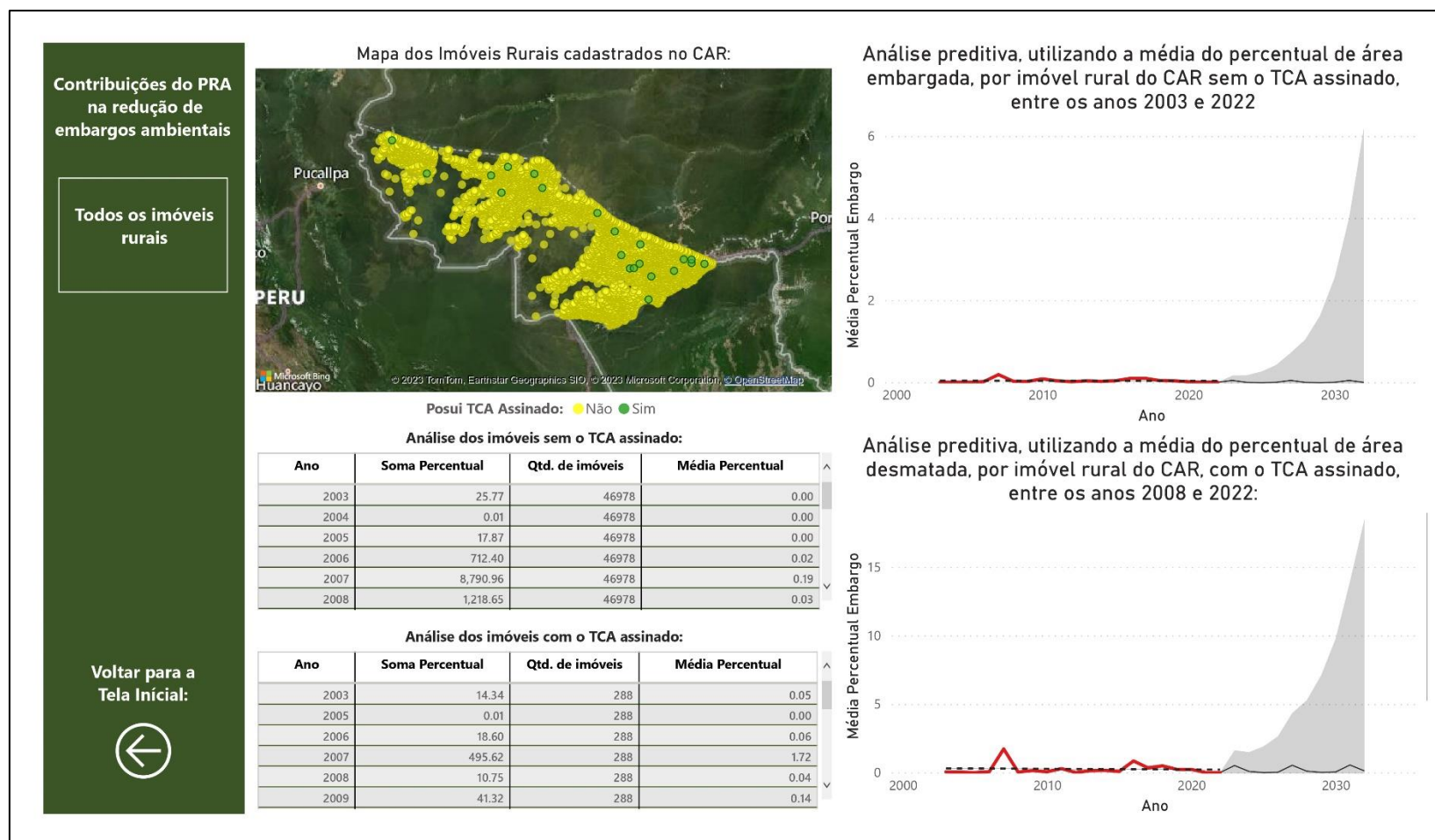


Figura 52 – Tela de análise preditiva dos embargos ambientais (método por suavização exponencial), nos imóveis rurais do CAR.

Fonte: Elaboração própria.

5. Considerações finais

O presente estudo analisou em que medida o PRA do CAR está contribuindo para redução das taxas de desmatamento, focos de queimadas, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais federais, nos imóveis rurais do Acre. Além disso, foram analisadas a perda das coberturas florestais e impactos causados ao ambiente, a importância da gestão territorial e dos sistemas de administração de terras para a implementação do uso sustentável do solo e da regularização de terras, os impactos do PRA e CAR nas condições ambientais e socioeconômicas dos imóveis rurais e os desafios e oportunidades para realizar a regularização ambiental dos mesmos. Por último, o estudo propôs um sistema de monitoramento usando as informações geográficas coletadas na tese, para compreender a tendência e o cenário futuro dos desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais nos imóveis rurais do Acre.

Para além dos resultados obtidos é importante ressaltar que o presente estudo contribui diretamente para a elaboração de métodos, procedimentos e indicadores, que permitem mensurar as contribuições do Programa de Regularização Ambiental na redução de desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação ambiental e embargos ambientais nos imóveis rurais inscritos no CAR. O estabelecimento de métodos, procedimentos e indicadores, que permitam mensurar a sustentabilidade da política de regularização ambiental, é fundamental para avaliar se os resultados obtidos estão sendo positivos ou negativos. Se a política de regularização ambiental não for mensurada, não é possível identificar se há o cumprimento ou não de seus objetivos.

O uso de *softwares* para realizar, de forma automatizada, as análises espaciais e estatísticas utilizadas no estudo, permite que o método aplicado na pesquisa seja replicado em outros recortes espaciais, de forma eficiente e padronizada, como por exemplo outros estados, municípios, regiões, localidades, entre outros. Segundo a legislação ambiental brasileira, os Programas de Regularização Ambiental devem ser implementados pelos estados, que devem estabelecer as suas normas de caráter específico em razão de suas peculiaridades sociais, ambientais, históricas, culturais, territoriais, climáticas e econômicas. Assim, é fundamental que os órgãos estaduais de meio ambiente (OEMAs) apliquem os métodos, procedimentos e indicadores de sustentabilidade que permitam avaliar em que medida o PRA está cumprindo seus

objetivos e contribuindo para melhoria das condições ambientais nos imóveis rurais brasileiros.

Um outro benefício na automatização das análises espaciais e estatísticas está associado com a necessidade de atualização destes indicadores de sustentabilidade. Como os procedimentos estão automatizados, ao inserir as informações atualizadas na base de dados e executar os códigos em linguagem de programação, os resultados das análises são automaticamente atualizados. Este método utilizado para realizar as análises espaciais e estatísticas permite a atualização dos indicadores de acordo com a periodicidade que as informações são disponibilizadas, podendo ser anual, mensal, diário, entre outros.

Além dos métodos quantitativos expostos, a pesquisa evidencia a importância do método qualitativo para obter maior acurácia nos indicadores de sustentabilidade abordando diferentes perspectivas e aspectos subjetivos do PRA, como por exemplo a melhoria nas condições ambientais e socioeconômicas em imóveis do CAR e os desafios e oportunidades na implementação da regularização ambiental no Brasil.

O sistema de monitoramento do PRA, proposto na subseção 4.7, analisa os desmatamentos, focos de queimada, alertas de degradação e embargos ambientais, nos imóveis rurais do CAR. No entanto, é importante realizar estas análises com o foco nas áreas de preservação permanente e de reserva legal, visando qualificar as perdas florestais como legais ou ilegais. Caso sejam identificados desmatamentos ilegais, devem ser aplicadas as penalidades previstas em lei, visando responsabilizar os proprietários de terras que não estão cumprindo a legislação ambiental. A não aplicação das penalidades previstas em lei vem causando um crescente sentimento de impunidade em relação as leis ambientais, prejudicando diretamente o processo de regularização ambiental dos imóveis rurais brasileiros.

Além da interoperabilidade de dados relacionada às condições ambientais dos imóveis rurais, é necessário promover a interoperabilidade de informações do CAR com os dados fundiários, fiscais e de desenvolvimento territorial. As informações fundiárias estão disponíveis no Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), do INCRA, e podem ser utilizadas para dirimir os problemas relacionados às sobreposições dos imóveis declarados no CAR. As informações fiscais estão disponíveis no Cadastro de Imóveis Rurais (CAFIR), da Receita Federal, e podem ser usadas para identificar

os imóveis rurais que estão pagando seus impostos territoriais. Por último, os dados do zoneamento ecológico econômico podem ser utilizados para verificar se os usos praticados nos imóveis estão de acordo com as estratégias de desenvolvimento que foram acordadas para o local.

A partir destes desdobramentos é que devemos nortear os trabalhos a serem desenvolvidos para implementação da regularização ambiental e da terra, no Brasil. Os esforços para a promoção da automatização das análises e interoperabilidade de dados, espaciais e tabulares, são fundamentais para avançar nas etapas de análise e aprovação do CAR, auxiliando nos processos de tomada de decisão e de prestação de serviços à sociedade.

6. Referências bibliográficas

ACRE. Lei nº 3.349 (Estado do Acre 18 de dezembro de 2017).

_____. Decreto nº 9.025 (Estado do Acre 04 de junho de 2018).

_____. (2018). *Plano Estadual de Prevenção e Controle de Desmatamento e Queimadas – PPCDQ - Acre*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Acre (SEMA-AC), Rio Branco.

ALHO, C. J. (23 de abril de 2012). Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. *Dossiê Sustentabilidade*.

ALLEGRETTI, M. (julho / dezembro de 2008). A construção social de políticas públicas. Chico Mendes e o movimento dos seringueiros. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, pp. 39-59.

AZEVEDO, A. A., et al. (18 de July de 2017). Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114, 7653–7658.

BECKER, B. K. (2001). Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Parcerias Estratégicas*, 135 - 159.

BISOGNIN, C., & WERNER, L. (2018). Emissão de dióxido de carbono: Um estudo em três países utilizando combinação de previsões. Em *Gestão da Produção em Foco* (Vol. 9, pp. 16-26). Belo Horizonte - MG: Poisson. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Rodrigues-Lima-Junior/publication/322862718_Implantacao_do_software_Dotproject_para_apoiar_a_gestao_de_projetos_em_um_grupo_academico_de_assessoria_empresarial/links/5a73428ba6fdcc53fe14614f/Implantacao-do-so>. Acesso em fevereiro de 2023.

BRANCALION, P. H., et al. (30 de setembro de 2020). Emerging threats linking tropical deforestation and the COVID-19 pandemic. *Perspectives in Ecology and Conservation*, pp. 243-246.

BRASIL, *Constituição da República Federativa do Brasil De 1988*. (Governo Brasileiro 5 de outubro de 1988).

_____. Lei nº 8.629 (Governo Brasileiro 25 de fevereiro de 1993).

_____. Lei Federal nº 9.433 (Governo Brasileiro 08 de janeiro de 1997).

_____. Lei nº 9.985 (Governo Brasileiro 18 de julho de 2000).

_____. Decreto nº 6.666 (Governo Brasileiro 27 de 11 de 2008).

_____. (2010). *Plano de Ação para Implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Acesso em 04 de abril de 2023. Disponível em: <<https://inde.gov.br/pdf/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em maio de 2023.

_____. Lei nº 12.651 (Governo Brasileiro Maio 25, 2012).

_____. Decreto Nº 7.830 (Governo Brasileiro 17 de outubro de 2012).

_____. Lei n. 12.651 (Governo Brasileiro 25 de maio de 2012).

_____. (09 de novembro de 2012). *Contrato Administrativo MMA nº 30*.

Disponível em:

<http://geocatalogo.mma.gov.br/termos_de_uso/Contrato_30_2012_MMA.pdf>. Acesso em abril de 2023.

_____. Decreto nº 8.235 (Governo Brasileiro 07 de outubro de 2014).

_____. (03 de fevereiro de 2014). *Ministério das Relações Exteriores*.

Disponível em: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/assuntos/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/meio-ambiente-e-mudanca-do-clima/recursos-hidricos#:~:text=O%20Brasil%20det%C3%A9m%2012%25%20das,bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20e%20de%20aqu%C3%ADferos>>. Acesso em junho de 2023.

_____. (janeiro de 2016). *Módulo de Cadastro - Manual do Usuário*. F

Disponível em: <<https://www.car.gov.br/public/Manual.pdf>>. Acesso em julho de 2023.

_____. (15 de junho de 2016). *PEC 241 de 2016*. Disponível em:

<<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2088351>>. Acesso em fevereiro de 2023.

_____. (23 de setembro de 2016). *PPCDAm*. Disponível em:

<<http://redd.mma.gov.br/pt/acompanhamento-e-a-analise-de-impacto-das-politicas-publicas/ppcdam>>. Acesso em junho de 2023.

_____. Portaria MAPA Nº 121 (Governo Brasileiro 12 de maio de 2021).

_____. Portaria MMA nº 148 (Governo Brasileiro 7 de junho de 2022).

_____. Decreto nº 11.731 (Governo Brasileiro 10 de outubro de 2023).

_____. (01 de dezembro de 2023). *Fundo Amazônia*. Disponível em:

<<https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/>>. Acesso em abril de 2023.

_____. (04 de fevereiro de 2023). *INDE - Apresentação*. Disponível em:

<<https://inde.gov.br/Inde/Apresentacao>>. Acesso em junho de 2023.

- _____. (02 de fevereiro de 2023). *Ministério do Meio Ambiente - Amazônia*. Disponível em:
<<https://antigo.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia.html#:~:text=A%20bacia%20amaz%C3%B4nica%20%C3%A9%20a,d'%C3%A1gua%20a%20cada%20segundo.>>>. Acesso em fevereiro de 2023.
- CABRAL, B. F., et al. (2024). Amazon deforestation: A dangerous future indicated by patterns and trajectories in a hotspot of forest destruction in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 354.
- CÂMARA, G. (1995, December 20). Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos. *PhD thesis*. São José dos Campos, São Paulo, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- CÂMARA, G., DAVIS, C., & MONTEIRO, A. V. (2001). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE.
- CÂMARA, G., et al. (2004). Análise Espacial e Geoprocessamento. Em S. Druck, M. S. Carvalho, G. Câmara, & A. M. Monteiro, *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília-DF: Embrapa.
- CHIAVARI, J., LOPES, C. L., & ARAUJO, J. N. (2021). *Onde estamos na implementação do código florestal? Radiografia do car e do pra nos estados brasileiros*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative.
- CNMP. (2022). *Cadastro Ambiental Rural: diretrizes para atuação do Ministério Público*. Brasília: Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP.
- COSTA, L. C., & ESCADA, M. S. (2023). Como os padrões de desmatamento dos imóveis rurais paraense se modificaram de 2015 A 2021? *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3055-3058). Florianópolis: INPE.
- DA SILVA, R., & JULIÃO, R. (8 de agosto de 2022). A Infraestrutura de Dados Espaciais Aberta (IDE Aberta) como Instrumento de Governança da Geoinformação. *SLA 2022 Proceedings*. 19.
- DESSIE, A., & BREDEMEIER, M. (2013). The Effect of Deforestation on Water Quality: A Case Study in Cienda Micro Watershed, Leyte, Philippines. *Resources and Environment*, pp. 1 - 9.
- EMBRAPA. (26 de março de 2021). *Programas de pagamento por serviços ambientais precisam de apoio da administração pública*. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop_up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=1355154&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portle>. Acesso em junho de 2023.

_____. (04 de fevereiro de 2023). *Módulos Fiscais*. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal#:~:text=4%2C%20II%20e%20III\)%2C,grande%20propriedade%20aquela%20de%20%C3%A1rea](https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal#:~:text=4%2C%20II%20e%20III)%2C,grande%20propriedade%20aquela%20de%20%C3%A1rea)>. Acesso em abril de 2023.

ENEMARK, S. (janeiro de 2006). Need for Establishing Sustainable National Concepts - Understanding the Land Management Paradigm. *International Federation of Surveyors (FIG) - GIM International*, pp. 12-15. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/articles_about_fig/gim-international/2006_01_GIM_enemark_0001.pdf>. Acesso em fevereiro de 2023.

_____. (2007). Integrated Land-Use Management for Sustainable Development. *International Federation of Surveyors*, 1 - 13.

ENEMARK, S., WILLIAMSON, I. P., & WALLACE, J. (2005, December). Building Modern Land Administration Systems in Developed Economies. *SPATIAL SCIENCE*, 50.

ENEMARK, S., WILLIAMSON, I., & WALLACE, J. (2005). Building Modern Land Administration Systems in Developed Economies. *SPATIAL SCIENCE*, 50.

FAO. (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005 - Progress towards sustainable forest management*. Rome: FAO.

_____. (2020). *Global Forest Resources Assessment*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FEARNSIDE, P. M. (2005, July). Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências. *Megadiversidade*, 1, 113 - 123.

_____. (2010). Estoques e fluxos de carbono na Amazônia como recursos naturais para geração de serviços ambientais. *Amazônia: Dinâmica do Carbono e Impactos Sócioeconômicos e Ambientais*, pp. 27-56.

_____. (2020). Como sempre, os negócios: o ressurgimento do desmatamento na Amazônia brasileira. Em *Destruição e Conservação da Floresta Amazônica* (pp. 363-368). Manaus-AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

_____. (2022). Amazon environmental services: Why Brazil's Highway BR-319 is. *Ambio: A Journal of Environment and Society*, 1367-1370.

FIG. (1995). *Statement on the Cadastre*. Copenhagen: FIG publications. Retrieved December 03, 2023. Disponível em: <<https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub11/FIG%20Statement%20on%20the%20Cadastre.pdf>>. Acesso em maio de 2023.

_____. (2014). *Fit-For-Purpose Land Administration*. Copenhagen, Denmark: International Federation of Surveyors (FIG).

FRANCO, M. C. (janeiro / abril de 2001). *Os Milton. Cem anos de história familiar nos seringais*. Campinas - SP: Universidade Estadual de Campinas.

FUNDO AMAZÔNIA. (2016). *Relatório Executivo Projeto Olhos D'Água da Amazônia - Fase II - Parte I*. Disponível em: <<https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/monitoramento-avaliacao/5.avaliacoes-externas/individuais/Alta-Floresta-Fase2-Relatorio-Executivo-Parte1.pdf>>. Acesso em agosto de 2023.

GIULIETTI, A. M., HARLEY, R. M., DE QUEIROZ, L. P., WANDERLEY, M. L., & BERG, C. V. (julho de 2005). Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. *MEGADIVERSIDADE, 1*, pp. 53-61.

GLTN. (2023). *Land Policy and Legislation*. Disponível em: <<https://gltm.net/land-policy-and-legislation/#>>. Acesso em junho de 2023.

GUYOT, M. S., & CAVALCANTI, C. M. (2014). *O Novo Código Florestal: As regras gerais e implicações para o setor sucroenergético*. Piracicaba, SP: Copersucar e ecosSISTEMAS.

IDAM. (08 de fevereiro de 2023). *Cadastro Ambiental Rural*. Fonte: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Disponível em: <<http://www.idam.am.gov.br/servicos/cadastro-ambiental-rural/>>. Acesso em outubro de 2023.

INPE. (19 de agosto de 2019). *Metodologia Utilizada nos Projetos PRODES e DETER*. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf>. Acesso em abril de 2023.

_____. (09 de fevereiro de 2022). *Programa Queimadas*. Disponível em: <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/apresentacao>>. Acesso em julho de 2023.

_____. (28 de fevereiro de 2023). *Dashboard Focos de Queimadas*. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/fires/biomes/aggregated/>>. Acesso em setembro de 2023.

_____. (23 de fevereiro de 2023). *Terra Brasilis*. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates>. Acesso em outubro de 2023.

JACKSON, J. B. (1997). How to study the landscape. Em J. B. Jackson, *Landscape in Sight: Looking at America*. New Haven and London: Yale University press.

JICK, T. D. (1979, December). Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action. *Administrative Science Quarterly, 24*, 602-611.

JOLY, C. A., et al. (março/maio de 2011). Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. *Revista USP*, pp. 114-133.

KUMAR, S. V., et al. (2006). Land information system: An interoperable framework for high resolution land surface modeling. *Environment Modelling & Software*, 21, pp. 1402 - 1415.

LADWIG, N. I., & CAMPOS, J. B. (2020). *Planejamento e Gestão Territorial: Inovação, Tecnologia e sustentabilidade*. Criciúma, SC: UNESC.

LEWINSOHN, T. M., & PRADO, P. I. (Julho de 2005). Quantas espécies há no Brasil? *MEGADIVERSIDADE*, pp. 37-42.

MACHADO, A. R., & SALEME, E. R. (30 de dezembro de 2017). Cadastro Ambiental Rural, Sustentabilidade e o Programa de Regularização Ambiental. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, pp. 125-140.

MAGEL, H., KLAUS, M., & ESPINOZA, J. (2014, May 6). Rural-urban Partnership : Key for a better Land and Water Management. *International Symposium on occasion of IFAT 2014 "Intelligent Peri-Urbanization through Decentralization"*. Munich, Bavaria, Germany.

MARENGO, J. A., & SOUZA JR., C. (2018). *Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia*. São Paulo: ALANA.

MASUM, F. (2009, May 29). Actors and processes behind urban fringe development: Mechanism to guide urban land management. Study on Dhaka, Bangladesh. *Phd thesis*. Munich, Bavaria, Germany: Technischen Universität München.

MESSIAS, C. G., et al. (novembro de 2021). Análise das taxas de desmatamento e seus fatores associados na Amazônia Legal Brasileira nas últimas três décadas. *RA'EGA - o espaço geográfico em análise*, pp. 18-41.

METZGER, J. (2010). O Código Florestal tem base científica? *Natureza & Conservação*, pp. 1-5.

MMA, PORTARIA Nº 148 (Governo do Brasil 7 de JUNHO de 2022).

NUNES, R. D. (2013). *A criação de um modelo de classificação semiautomática utilizando conhecimento geográfico: um estudo de caso na porção setentrional do Maciço da Tijuca - RJ*. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

O GLOBO. (30 de dezembro de 2018). *Brasil*. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/professor-da-usp-avalia-que-ha-poucas-areas-protegidas-fora-da-amazonia-23335511>>. Acesso em junho de 2023.

- OKIDA, D. T. (2019). *Amazônia Legal: Estudo da Relação do Desmatamento Com a Posse da Terra no Estado do Mato Grosso*. Brasília: Universidade de Brasília.
- ONU. (1992, June). *UN documents*. Retrieved October 28, 2014. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/k-001962.htm>>. Acesso em maio de 2023.
- PARANHOS, R., et al. (maio / agosto de 2016). Uma introdução aos métodos mistos. *Sociologias*, 384-411.
- PEREIRA, E. J., et al. (2019). Policy in Brazil (2016–2019) threaten conservation of the Amazon rainforest. *ELSEVIER - Environmental Science & Policy*, 8-12.
- PEREIRA, V. C., & CESTARO, L. A. (2016). Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. *Caminhos de Geografia*, 16-33.
- PERNAMBUCO. (08 de fevereiro de 2023). *ITERPE*. Disponível em: <<https://www.lai.pe.gov.br/iterpe/wp-content/uploads/sites/39/2019/04/PE-2609402-CA80D1F2E3334E7F88F3656E2C1C9E34-Eng.-Timb%C3%B3.pdf>>. Acesso em setembro de 2023.
- PILNIK, M., et al. (17 de maio de 2022). Conservação da Sociobiodiversidade na RESEX Chico Mendes, Acre: Desafios e Perspectivas. *ETHNOSCIENTIA*, pp. 110-134.
- PIRES, M. O. (2013). *O Cadastro Ambiental Rural: Das origens às perspectivas para a política ambiental*. Brasília: Conservação Internacional.
- PIRES, M. O., & ORTEGA, V. G. (2013). *O Cadastro Ambiental Rural na Amazônia*. Brasília: Conservação Internacional.
- RAJABIFARD, A. (2008). A Spatial Data Infrastructure for a Spatially Enabled Government and Society. Em J. Cromptoets, A. Rajabifard, B. Loenen, & T. D. Fernández, *A Multi-View Framework to Assess Spatial Data Infrastructures* (pp. 11-22). Melbourne: The University of Melbourne.
- RAJÃO, R., SCHMITT, J., NUNES, F., & SOARES-FILHO, B. (Junho de 2021). Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal. *Policy Brief*, pp. 1-12.
- REYDON, B. P., et al. (2017). *Governança de Terras: Da teoria à realidade brasileira*. Brasília: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
- SANTOS, M. (2006). *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

- SANTOS, V. D. (2016). *Identificação e análise de tendências das variáveis hidrológicas e mudanças no uso e ocupação das terras no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Uberaba, em minas gerais*. Uberlândia - MG: Universidade Federal de Uberlândia.
- SÃO PAULO, Lei nº 15.684 (Estado de São Paulo 14 de janeiro de 2015).
- SECA, A. I., Pereira, H. d., & Miziara, F. (2024). Challenges for the implementation of the jurisdictional REDD+ in the Brazilian state of Amazonas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 1-10.
- SEEG. (02 de fevereiro de 2023). *Total Emissions*. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em maio de 2023.
- SEMA-PA. (16 de fevereiro de 2023). *Portal Legislativo*. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/anexos/663_PORTARIA%20n%C2%BA%20508%20-%202015-%20Anexo%20Unico.pdf>. Acesso em abril de 2023.
- SILVA, J. A., et al. (2012). *O Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o diálogo*. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC.
- SIMA-SP. (06 de Fevereiro de 2022). *Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente*. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2015/08/pesquisas-comprovam-a-importancia-da-vegetacao-na-producao-de-agua-com-qualidade/>>. Acesso em junho de 2023.
- SKORUPA, L. A. (2003). *Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável*. Jaguariúna: Embrapa.
- SOARES-FILHO, B., et al. (2014, April 25). Cracking Brazil's Forest Code. *Science*, 344, pp. 363-364.
- SOUZA, C., et al. (2012). Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM. *ACTA AMAZONICA*, 42 (4), pp. 501 - 506.
- STRASSBURG, B., et al. (2014, June 01). When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*, pp. 84 - 97.
- THEIS, I. M., & GALVÃO, A. F. (2012). A formulação de políticas públicas e as concepções de espaço, território e região. *R. B. Estudos Urbanos e Regionais*.
- TÖRHÖNEN, M.-P. (2004). Sustainable Land Tenure and Land Registration in Developing Countries, Including a Historical Comparison with an Industrialised Country. *Computers, Environment and Urban Systems*, pp. 545 - 586.

UN-IGIF. (2023). *United Nations Integrated Geospatial Information Framework: Overarching Strategy*. United Nations. Disponível em: <<https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/8th-Session/documents/Part%201-IGIF-Overarching-Strategic-Framework-24July2018.pdf>>. Acesso em junho de 2023.

VALENTINI, D. R. (2020). *Transformação e ressignificação espaço-temporal da paisagem territorial: o Oeste Catarinense na Pós Modernidade*. Rio de Janeiro: UFRJ.

VALPORTO, O. (25 de maio de 2022). *Projeto Colabora*. Disponível em: <https://csr.ufmg.br/csr/wp-content/uploads/2022/05/colabora_brasil-so-analisou-dados-de-29-mil-de-6-milhoes-de-imoveis-rurais.pdf>. Acesso em maio de 2023.

VITIELLO, S. B., et al. (2019). A influência das políticas públicas na produção do espaço urbano: o caso do bairro da Mooca / São Paulo – Brasil. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 174-187.

WILLIAMSON, I. P. (2001). *The Evolution of Modern Cadastres. New Technology for a New Century*. Seoul: FIG.

WILLIAMSON, I., et al. (2010). *Land Administration for Sustainable Development*. California: ESRI Press.

Anexo I

À Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Estado do Acre (SEMAPI-AC) – Brasil.

Aos cuidados de Julie Messias e Silva.

Bom dia,

Me chamo Pedro Iglesias Bessa Seibel e, atualmente, estou cursando o Programa de Doutorado em Geografia, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). O título da tese de doutorado é “Análise do programa de regularização ambiental, denominado Cadastro Ambiental Rural (CAR), avaliando as suas contribuições para a implementação do uso sustentável do solo, no Brasil (Estudo de caso no Estado do Acre). Para tal, serão realizadas análises geoespaciais e estatísticas, utilizando dados públicos (ex: IBGE, Prodes, Ibama, Focos de Queimadas, entre outros), que permitam avaliar as contribuições do CAR para implementação do uso sustentável do solo, no Brasil - Estudo de caso no Estado do Acre.

O dado necessário para realizar o estudo é:

- 1) Lista contendo os códigos do CAR dos imóveis rurais que o possuem Termo de Compromisso Ambiental (TCA) assinado.

Eu, Pedro Iglesias Bessa Seibel, Brasileiro, Solteiro, Geógrafo, RG 20.846.352-1, residente no endereço Avenida Tim Maia, número 7375, bloco 7, apt 403, bairro Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - RJ, na qualidade de estudante, venho, por meio da presente carta, solicitar o dado acima mencionado.

Agradeço o seu tempo e atenção relacionados a este assunto.

Atenciosamente,



Rio de Janeiro, 16/01/2023

Anexo II

As perguntas realizadas durante as entrevistas semiestruturadas com gestores públicos, servidores públicos e técnicos e especialistas em gestão territorial, são:

- 1) Qual a importância da conservação das áreas de floresta situadas dentro dos imóveis do Cadastro Ambiental Rural?
- 2) Qual a importância do Cadastro Ambiental Rural para gestão das restrições ao uso do solo nos imóveis rurais brasileiros?
- 3) Qual a importância da regularização ambiental para melhoria das condições ambientais, sociais e econômicas nos imóveis rurais brasileiros?
- 4) De que maneira a assinatura do Termo de Compromisso Ambiental (adesão ao Programa de Regularização Ambiental) contribui para a redução ou aumento dos desmatamentos, focos de queimada e alertas de degradação ambiental, em imóveis rurais do CAR?
- 5) De que maneira a assinatura do Termo de Compromisso Ambiental (adesão ao Programa de Regularização Ambiental) impacta os embargos ambientais nos imóveis rurais do CAR?
- 6) Quais os principais desafios e oportunidades para implementar o Programa de Regularização Ambiental nos imóveis rurais do CAR?