

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAEL DIAS FRANCO DE GODOY

**COMPARAÇÃO DO DESFLORESTAMENTO EM TIS HOMOLOGADAS E NÃO
HOMOLOGADAS DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**

CURITIBA

2023

COMPARAÇÃO DO DESFLORESTAMENTO EM TIS HOMOLOGADAS E NÃO
HOMOLOGADAS DA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
ao curso de Graduação em Engenharia
Ambiental, Setor de Tecnologia da
Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Naissa Batista Luz.
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo de Campos
Macedo.

CURITIBA

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

RAFAEL DIAS FRANCO DE GODOY

TÍTULO DO TRABALHO DE PROJETO FINAL II

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 100, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a):

Naissa Batista da Luz
Departamento de Geomática / UFPR

Co-orientador(a):

Rodrigo de Campos Macedo
Departamento de Geomática / UFPR

Membro(a) 1:

Eduardo Felga Gobbi
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Membro(a) 2:

Marcelo Riso Errera
Departamento de Engenharia Ambiental / UFPR

Membro(a) 3:

Renan Fabres Dalmonech
Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG)

Curitiba, 13 de dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Com imensa gratidão, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste trabalho de conclusão de curso.

Em primeiro lugar, minha profunda gratidão à minha mãe e meu irmão cujos conselhos, apoio e contribuições financeiras que foram fundamentais para que eu pudesse concluir minha formação. Sua presença e incentivo foram luzes guias em minha jornada acadêmica.

Em segundo lugar, agradeço a Deus pela dádiva da saúde e por guiar-me durante esta jornada desafiadora, marcada por pandemias e desafios acadêmicos que exigiram um aprendizado autodidata significativo.

Não menos importante, expresso meu reconhecimento à minha terapeuta, cujo apoio foi vital para o meu autodescobrimento, proporcionando um crescimento constante ao longo das sessões e incentivando-me a buscar sempre o melhor de mim.

Às amigas valiosas que encontrei ao longo da faculdade, em especial ao João, Bernardo e o Felipe agradeço por tornarem esta jornada mais leve e enriquecedora. Seus conselhos e apoio nas matérias foram preciosos, contribuindo para uma experiência acadêmica mais significativa.

Agradeço também à equipe da Empresa Andes, onde realizei meu primeiro estágio, em especial à minha antiga chefe Jessica, que supervisionou meu aprendizado e me introduziu ao fascinante mundo do geoprocessamento. Meu segundo estágio no Lactec foi enriquecido pela orientação do supervisor João e pela convivência agradável com Grenda, Alexandre, Lucas e Karollyn, que fizeram dessa experiência profissional uma fase inesquecível.

Um agradecimento especial ao Ugo, que não apenas foi meu chefe na Lactec, mas também um companheiro de moradia, compartilhando valiosos insights que contribuíram para a realização deste trabalho.

À Gabrielle, minha sincera gratidão por seu apoio motivacional e por ser uma fonte constante de ânimo nos momentos desafiadores que surgiram no final da faculdade.

Por último, mas certamente não menos importante, expresso minha profunda gratidão à minha orientadora Naissa, que me acolheu neste desafio acadêmico, oferecendo orientação valiosa na escolha do tema e como realizar este trabalho. Ao meu coorientador Rodrigo, agradeço por seus conselhos essenciais, que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Quando despersonalizamos o rio, a montanha, quando tiramos deles os seus sentidos, considerando que isso é atributo exclusivo dos humanos, nós liberamos esses lugares para que se tornem resíduos da atividade industrial e extrativista (KRENAK, 2019).

RESUMO

Este trabalho propõe uma análise do desflorestamento em Terras Indígenas Homologadas, buscando avaliar a eficácia das homologações na contenção desse fenômeno. A metodologia adotada envolve a comparação das taxas de desflorestamento utilizando dados do PRODES e da FUNAI, empregando análises estatísticas, incluindo gráficos boxplot, e a geotecnologia para filtragem e unificação dos dados. As análises se concentraram na comparação dos períodos pré e pós-homologações das Terras Indígenas, entre 2009 e 2022. Os resultados indicam que as Terras Indígenas exibem taxas de desflorestamento geralmente baixas, sugerindo uma efetiva contenção desse problema. No entanto, não foi comprovado que as homologações tiveram um sucesso significativo no controle direto do desflorestamento, já que os fatores influentes parecem estar mais relacionados a mudanças governamentais. Identificou-se um aumento nas taxas de desflorestamento em algumas áreas durante os anos de 2019 a 2022, sugerindo a necessidade contínua de políticas públicas e monitoramento constante, mesmo em áreas homologadas. Esses picos ressaltam a importância de medidas preventivas para evitar potenciais incrementos no desflorestamento, demonstrando que a preservação efetiva demanda esforços contínuos e abordagens de várias partes, para além do status de homologação das Terras Indígenas.

Palavras-chave: Desflorestamento. Homologação. Terras Indígenas.

ABSTRACT

This study proposes an analysis of deforestation in Homologated Indigenous Lands, aiming to assess the effectiveness of these homologations in containing this phenomenon. The methodology adopted involves comparing deforestation rates using data from PRODES and FUNAI, employing statistical analyses, including boxplot graphs, and geotechnology for data filtering and unification. The analyses focused on comparing pre- and post-homologation periods of Indigenous Lands between 2009 and 2022. The results indicate that Indigenous Lands generally exhibit low deforestation rates, suggesting an effective containment of this issue. However, it has not been proven that the homologations have had significant success in directly controlling deforestation, as influential factors seem more related to governmental changes. An increase in deforestation rates in some areas was identified during the years 2019 to 2022, suggesting the continuous need for public policies and constant monitoring, even in homologated areas. These peaks highlight the importance of preventive measures to avoid potential increments in deforestation, demonstrating that effective preservation requires continuous efforts and multifaceted approaches, beyond the status of homologation of Indigenous Lands.

Keywords: Deforestation. Homologation. Indigenous Lands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Limite da AL	14
Figura 2 - TIs no Brasil.	18
Figura 3 - Ilustração da degradação progressiva.	23
Figura 4 - Área de não floresta na AL.....	24
Figura 5 - Posicionamento de imagens usadas no PRODES.....	25
Figura 6 – Máscara de desflorestamento do PRODES.	29
Figura 7 – TIs na AL.....	31
Figura 8 - Fluxo para análise de dados.....	33
Figura 9 – Localização das TIs estudadas neste trabalho.....	36
Figura 10 - Taxa de desflorestamento anualmente das TIs estudadas que foram homologadas ente os anos de 2008 a 2022	39
Figura 11 - Gráfico boxplot das taxas de desflorestamento da TIs homologadas em 2009.....	41
Figura 12 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2009.	41
Figura 13 - Gráfico boxplot das Taxas de desflorestamento da TIs Homologadas em 2010...	42
Figura 14 – Gráfico da linha de tendência das taxas de desflorestamento por ano da TI Apurinã do Igarapé Mucuí.	43
Figura 15 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TIs Homologadas em 2011..	44
Figura 16 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2011.	45
Figura 17 - Gráfico boxplot das taxas de desflorestamento da TIs homologadas em 2012.....	46
Figura 18 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2012.	47
Figura 19 - Gráfico box-plot das Taxas de Desflorestamento da TI Homologada em 2013. ..	48
Figura 20 - Gráfico da linha de tendência das taxas de desflorestamento por ano da TI Kayabi	48
Figura 21 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TIs Homologadas em 2015..	50
Figura 22 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2015.	50
Figura 23 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TI Homologada em 2015.....	51
Figura 24 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2016	52

LISTA DE TABELA

Tabela 1 Demarcações de TIs no Brasil por governo.	18
Tabela 2 Demarcações de TIs na AL por governo.	19
Tabela 3 - Feições espaciais.	27
Tabela 4 -TIs estudas neste trabalho.	36
Tabela 5 – Formato tabular dos polígonos de desflorestamento dentro das TIs estudadas	37
Tabela 6 - TIs Homolgadas no ano 2009	40
Tabela 7 - TIs Homologadas no ano 2011.	43
Tabela 8 - TIs Homologadas no ano 2012.	45
Tabela 9 - TIs Homologadas no ano 2015.	49
Tabela 10 – TIs Homologadas no ano de 2016	51

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

AL	- Amazônia Legal
CF/88	- Constituição Federal de 1988
FUNAI	- Fundação Nacional dos Povos Indígenas
GEE	- Google Earth Engine
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISA	- Instituto Socioambiental
NDVI	- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
ONGs	- Organizações Não Governamentais
PNGTI	- Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de TIs
PRODES	- Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal por Satélite
RAISG	- Rede Amazônica de Informações Socioambientais Georreferenciadas
SUDAM	- Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
TIs	- Terras Indígenas
UHE	- Usinas Hidrelétricas
UHEBM	- Usina Hidrelétrica Belo Monte

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	AMAZÔNIA LEGAL	13
2.2	TERRAS INDÍGENAS (TIs).....	14
2.2.1	Direito a Terra.....	15
2.2.2	Demarcação de TIs.....	16
2.2.3	Demarcações nos últimos Governos.....	18
2.2.4	Desflorestamento nas TIs no Brasil	19
2.3	GEOTECNOLOGIAS	20
2.3.1	Sistemas de Informações Geográficas - SIG.....	20
2.4	GRÁFICO BOX-PLOT	21
2.5	PRODES (PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA POR SATÉLITE).....	21
2.5.1	Conceitos definido pelo PRODES para desflorestamento no monitoramento por satélite.	22
2.5.2	Área de abrangência.....	24
2.5.3	Imagens Utilizadas	24
2.5.4	Metodologia do PRODES.....	25
2.6	GEOTECNOLGIAS EM APOIO AO DESFLORESTAMENTO EM TIS	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	ÁREA DE ESTUDO	31
3.2	METODOLOGIA APLICADA	31
3.3	AQUISIÇÃO DE DADOS.....	34
3.3.1	Dados do PRODES.....	34
3.3.2	Dados FUNAI	35
3.3.3	TIs estudadas	35
3.4	PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE DADOS	37
3.4.1	Dados de desflorestamento por TIs.....	37
3.4.2	Cluster por data de homologação	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38

4.1	ANÁLISE GERAL DO DESFLORESTAMENTO DAS TIs ESTUDAS.....	38
4.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO DESLFORESTAMENTO DOS PERÍODOS ANTES E DEPOIS DA HOMOLOGAÇÃO.....	40
4.2.1	TIs Homologadas em 2009	40
4.2.2	TI Homologada em 2010	42
4.2.3	TIs Homologadas em 2011	43
4.2.4	TIs Homologadas em 2012	45
4.2.5	TI Homologada em 2013	47
4.2.6	TIs Homologadas em 2015	49
4.2.7	TIs Homologadas em 2016	51
4.2.8	TI Homologada em 2018	52
5	CONCLUSÃO	53
6	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma região que tem despertado muitas atenções, sejam elas por sua vasta biodiversidade, sua diversidade cultural, sua extensa rede hidrográfica e pelo seu papel regulador do clima, como a floresta tropical mais extensa do planeta. Suas riquezas naturais continuam sendo objeto de desejo, gerando, com o tempo, grandes transformações na paisagem, na composição de sua população e em suas perspectivas para o futuro, colocando em perigo a preservação dos elementos naturais e culturais que a caracterizam (RAISG, 2020, p. 4).

Estas transformações estão inteiramente interligadas com a dinâmica do mercado na sociedade mundial, que tem apresentado importantes entraves para um desenvolvimento sustentável nos últimos anos, demonstrando uma racionalidade econômica (relação entre meios e fins) desconectada das questões sociais e ambientais (RAWORTH, 2019, p. 18-19).

Tal racionalidade, é decorrente de uma herança colonial brasileira e de uma crescente mercantilização da natureza, evidente por meio do agronegócio, extração animal, mineral, madeireira e pela apropriação dos territórios pertencentes aos povos indígenas e às populações tradicionais (FLORIANI, 2020, p. 298).

As Terras Indígenas (TIs) ocupam 13,9 % do território brasileiro e contêm 109,7 milhões de hectares de vegetação nativa, o que corresponde a 19,5 % da vegetação nativa no Brasil em 2020. Os territórios indígenas estão entre as principais barreiras para frear o avanço dessa crescente mercantilização da natureza no Brasil. Nos últimos 30 anos, as terras sob proteção indígena sofreram apenas 1% de perda em relação à sua cobertura vegetal original, enquanto nas áreas de propriedade privada foi de 20,6% (MAPBIOMAS, 2021).

Embora tenha havido progresso no Brasil, é inegável que a expansão nas áreas demarcadas é necessária. Isso se deve aos muitos relatos na mídia (meios de comunicação oficiais), de mortes e conflitos entre povos indígenas e diversos setores, como fazendeiros, mineradoras, grileiros, produtores de soja, grandes empreendimentos, turismo, entre outros (DAMBRÓS, 2019, p. 175).

Diante desse contexto, faz-se necessária a utilização de ferramentas que auxiliem na preservação, monitoramento, controle e avaliação de impactos causados ao ambiente natural, permitindo que estudos busquem compreender e acompanhar as alterações e recuperação dessas áreas (FERREIRA; PASA, 2015, p. 41). Neste cenário, as tecnologias desempenham um papel crucial na otimização dos processos de tomada de decisão. Por meio da integração de *softwares*,

hardwares e recursos humanos, é possível coletar, processar, analisar e apresentar informações enriquecidas por referências geográficas de forma eficaz (ROSA, 2005, p.81).

Essas ferramentas permitem a coleta, análise e interpretações de dados espaciais, que podem ser usadas para identificar áreas degradadas, detectar atividade ilegais e monitorar o desflorestamento, a mineração a grilagem e outras atividades prejudiciais que afetam as comunidades indígenas.

Nos últimos anos, o desflorestamento nas TIs da Amazônia Legal (AL) tem se acelerado, aumentado 1,7 vezes na média dos últimos três anos em comparação com o período de 2016 a 2018. Além disso, o mapeamento de áreas de mineração revelou que, de 2010 a 2020, a área ocupada pelo garimpo dentro de TIs aumentou cinco vezes (MAPBIOMAS, 2022).

O monitoramento de áreas especiais tem sido grandemente aprimorado com o uso essencial de técnicas avançadas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Essas poderosas ferramentas oferecem a capacidade de detectar e mapear extensas áreas geográficas de forma rápida e eficiente, minimizando os custos envolvidos (CORREIA *et al.*, 2011).

Diante desse cenário, é de suma importância identificar os processos temporais do desflorestamento nas TIs, a fim de compreender a necessidade e importância de regularizar essas terras.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo é analisar o desflorestamento nas TIs da AL Brasileira no período de 2008 a 2023, com um foco especial nas áreas que foram homologadas durante esse período. Essa análise visa a avaliar a eficácia das políticas públicas de homologação de TIs e seu impacto na conservação das florestas e dos territórios indígenas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AMAZÔNIA LEGAL

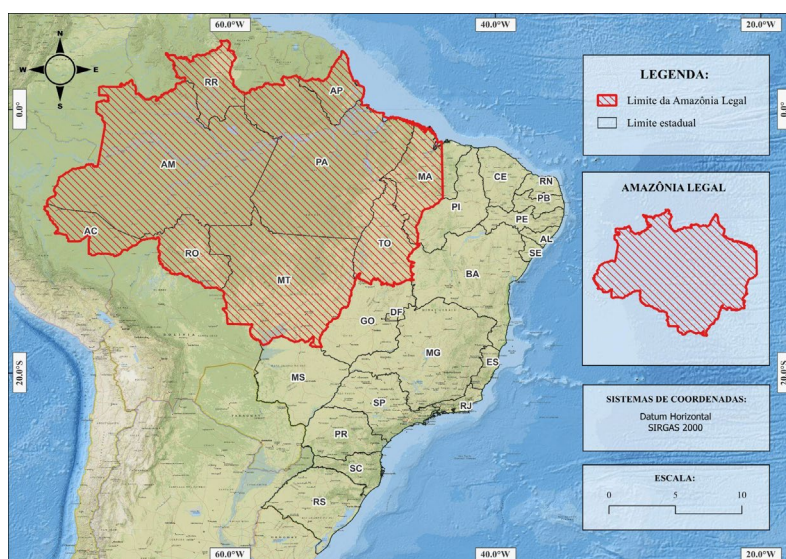
O Brasil se destaca como um dos países mais ricos em recursos naturais do mundo, pelas suas florestas exuberantes, seus rios majestosos, sua fauna exótica, principalmente, sua diversidade populacional. A floresta amazônica, com toda sua complexidade, representada pelos seus diversos ecossistemas, caracteriza-se pela grande heterogeneidade de flora e fauna,

que contribuem decisivamente para a manutenção dos processos ecológicos fundamentais (SHUBART, 1983).

Com uma área de 5.015.067,86 km², o que corresponde a aproximadamente 58,93% do território brasileiro, a AL é uma região delimitada pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM. A criação da AL teve como objetivo estabelecer os limites geográficos da região política de atuação da SUDAM, visando promover o desenvolvimento inclusivo e sustentável em sua área de abrangência, além de integrar de forma competitiva a base produtiva regional à economia nacional e internacional (IBGE, 2021).

O território é compreendido pelos Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e pelas regiões situadas ao norte do paralelo 13 S do Estado de Tocantins, e a oeste do meridiano 44 W do estado do Maranhão, a representação do Bioma Amazônia é aproximadamente de 4.221.420,81 km² (IBGE, 2021). A Figura 1 mostra o limite da AL (IBGE, 2021).

Figura 1- Limite da AL



FONTE: INPE (2022).

2.2 TERRAS INDÍGENAS (TIs)

Somente quatro séculos após o início da colonização do Brasil é que os direitos dos povos indígenas à terra foram oficialmente reconhecidos, tanto pelo Estado português quanto pelo Estado brasileiro. Até então, os povos indígenas não tinham direitos garantidos à terra. (ALENCAR, 2015). Foi somente com a promulgação da Constituição de 1988, conhecida também como Carta Magna, que os direitos dos povos indígenas foram reconhecidos de maneira mais abrangente. O documento apresentou um capítulo exclusivo, intitulado “Capítulo

VIII - Dos Índios”. onde ficou estabelecida a definição de TIs como uma área do território nacional tradicionalmente ocupada por povos indígenas, de propriedade da União e reconhecidos aos índios em caráter permanente (SILVA; PUREZA, 2019, p. 44).

Entre os avanços aos direitos à terra e ao território indígena, em junho de 2012 foi instituído o Decreto Federal n. 7.747, a Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de TIs (PNGATI), com o objetivo de recuperar, proteger, conservar e promover o uso sustentável dos recursos naturais das terras e territórios indígenas (BRASIL, 2012).

Diversas pesquisas têm destacado a eficácia das TIs em resistir às ameaças de desflorestamento no Brasil. Um estudo conduzido por Nolte et al. (2013) comparou a capacidade de áreas protegidas pelo governo, áreas de uso sustentável e florestas comunitárias indígenas em enfrentar o desflorestamento. Os resultados indicaram que as TIs foram consistentemente as mais afetadas pela pressão de desflorestamento em volta da sua terra, e alcançaram os maiores índices de desflorestamento evitados. Em uma linha semelhante, Nepstad et al. (2006) concluíram que as TIs exerceram uma forte inibição do desflorestamento na fronteira agrícola em atividade.

2.2.1 Direito à Terra

A Constituição Federal de 1988 garante aos povos indígenas o direito sobre as terras que tradicionalmente ocupam. Esses direitos são definidos como “direitos originários”, isto é, anteriores à criação do próprio Estado e que levam em conta o histórico de dominação da época da colonização. As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios incluem as que eles habitam em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas e as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar. A demarcação de uma TI é ato meramente declaratório, cujo objetivo é simplesmente precisar a real extensão da posse para assegurar a plena eficácia do dispositivo constitucional. E a obrigação de proteger as TIs cabe à União (FUNAI, 2023).

Além disso, a Constituição de 1988 estabelece que as TIs são bens da União e destinadas à posse permanente por parte dos índios. Apenas os índios podem usufruir das riquezas do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes. O aproveitamento dos seus recursos hídricos, os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais, só pode ser efetivado com a autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada a participação nos resultados da lavra. As TIs são inalienáveis e indisponíveis, e o direito sobre

elas é imprescritível. É vedado remover os índios de suas terras, salvo casos excepcionais e temporários (FUNAI, 2023).

Nas Disposições Constitucionais Transitórias, fixou-se em cinco anos o prazo para que todas as TIs no Brasil fossem demarcadas. O prazo não se cumpriu, e as demarcações ainda são um assunto pendente (FUNAI, 2023).

2.2.2 Demarcação de TIs

Segundo Instituto Socioambiental (ISA), a demarcação de TIs é um processo administrativo que visa garantir o direito dos povos indígenas à terra, estabelecendo os limites de suas terras e protegendo-os contra a ocupação por terceiros. Desde a aprovação do Estatuto do Índio em 1973, esse reconhecimento formal passou a seguir um procedimento administrativo, regulado por decreto do Executivo, que estipula as etapas do longo processo de demarcação (ISA, 2023). O último decreto importante que regulamentou o processo de demarcação foi o Decreto 1.775, de janeiro de 1996.

Nos termos da legislação vigente (CF/88, Lei 6001/73 - Estatuto do Índio, decreto n.º 1.775/96), as TIs são classificadas nas seguintes modalidades:

- **TIs Tradicionalmente Ocupadas:** São as terras habitadas pelos indígenas em caráter permanente, utilizadas para atividades produtivas, culturais, bem-estar e reprodução física, segundo seus usos, costumes e tradições.
- **Reservas Indígenas:** São terras doadas por terceiros, adquiridas ou desapropriadas pela União, que se destinam à posse permanente dos indígenas. São terras que também pertencem ao patrimônio da União, mas que não se confundem com as terras de ocupação tradicional.
- **Terras Dominiais:** São as terras de propriedade das comunidades indígenas, havidas por qualquer das formas de aquisição do domínio, nos termos da legislação civil.

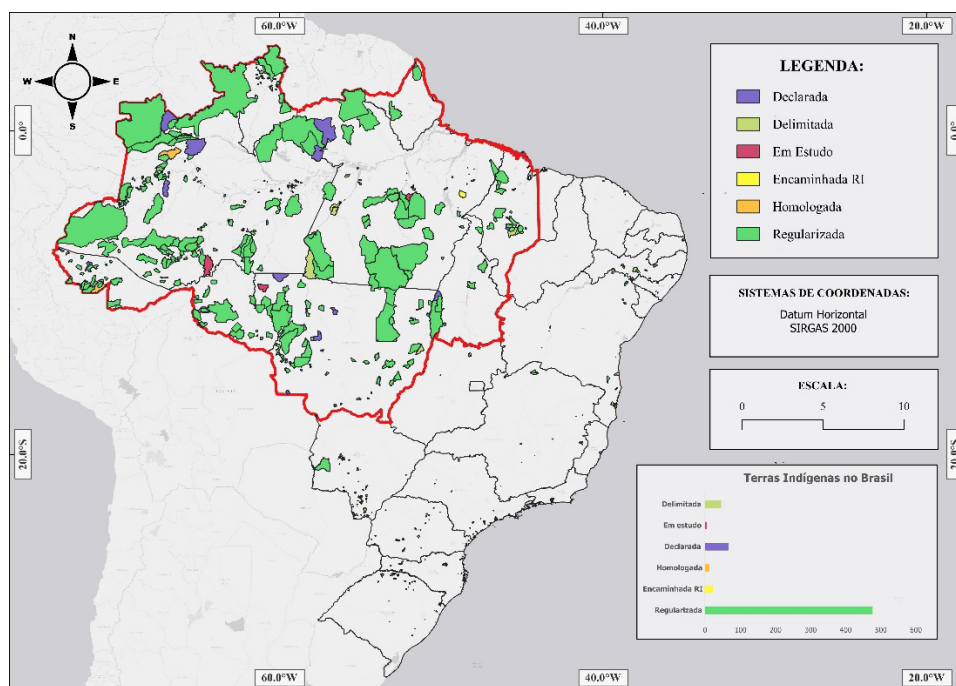
Para as TIs Tradicionalmente Ocupadas, existem fases definidas por Decreto Presidencial (Decreto 1.775/1996) no procedimento demarcatório. Essas fases são completadas em um processo administrativo que só é finalizado com a homologação e registro da área em nome da União, assegurando todos os direitos dos indígenas e dos detentores dos imóveis localizados na área em processo demarcatório ao longo do processo.

Segundo a FUNAI, o procedimento demarcatório de tais áreas está definido no Decreto nº. 1.775, de 08 de janeiro de 1996, tendo como fases:

- **Em estudo:** Fase na qual são realizados os estudos antropológicos, históricos, fundiários, cartográficos e ambientais, que fundamentam a identificação e a delimitação da área indígena.
- **Delimitadas:** Fase na qual há a conclusão dos estudos e que devem ter sido aprovados pela Presidência da Funai por meio de publicação no Diário Oficial da União e do Estado em que se localiza o objeto sob processo de demarcação.
- **Declaradas:** Fase em que o processo é submetido à apreciação do Ministro da Justiça, que decidirá sobre o tema e, caso entenda cabível, declarará os limites e determinará a demarcação física da referida área objeto do procedimento demarcatório, mediante Portaria publicada no Diário Oficial da União.
- **Homologadas:** Fase em que há a publicação dos limites materializados e georreferenciados da área, por meio de Decreto Presidencial, passando a ser constituída como TI.
- **Regularizadas:** Fase em que a Funai auxilia a Secretaria de Patrimônio da União (SPU), como órgão imobiliário da União, a fazer o registro cartorário da área homologada, nos termos do artigo 246, §2º da Lei 6.015/73.
- **Interditadas:** Áreas interditadas, com restrições de uso e ingresso de terceiros, para a proteção de povos indígenas isolados.

Segundo o Conselho Indigenista Missionário, há um processo extremamente lento na demarcação das TIs, ainda que a Constituição de 1988 tenha definido que até 1993 o governo brasileiro deveria cumprir a demarcação de todas as TIs ocupadas tradicionalmente. A Figura 2, feita com dados do IBGE, mostra as TIs homologadas e não homologadas no Brasil. Com base em informações do Instituto Socioambiental, as TIs ocupam 13,9% do território brasileiro, correspondendo a uma extensão total de 117 milhões de hectares. Dessa área, 109,7 milhões de hectares são compostos por vegetação nativa, o que equivale a 19,5% da vegetação nativa no Brasil em 2023.

Figura 2 - TIs no Brasil.



FONTE: IBGE (2022).

2.2.3 Demarcações nos últimos Governos

Na Tabela 1 e Tabela 2 apresenta-se o reconhecimento de TIs no Brasil e na AL, nos governos dos presidentes José Sarney, Fernando Collor, Itamar Franco, Fernando Henrique Cardoso, Luis Inácio Lula da Silva, Dilma Rousseff, Michel Temer e Jair Bolsonaro.

Tabela 1 - Demarcações de TIs no Brasil por governo.

Demarcações - Brasil				
Presidente [período]	TIs Declaradas		TIs Homologadas*	
	Nº	Extensão (Ha)	Nº	Extensão (Ha/ano)
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2023 a atual]	0	0	6	615.237
Jair Bolsonaro [jan 2019 a dez 2022]	0	0	0	0
Michel Temer [mai 2016 a dez 2018]	3	1.698.784	1	9.608
Dilma Rousseff [jan 2015 a mai 2016]	15	932.665	10	1.243.549
Dilma Rousseff [jan 2011 a dez 2014]	11	274.001	11	506.351
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2007 a dez 2010]	51	752.211	21	1.931.513
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2003 a dez 2006]	30	2.570.704	66	2.764.928
Fernando Henrique Cardoso [jan 1999 a dez 2002]	60	2.258.419	31	2.424.984

Fernando Henrique Cardoso [jan 1995 a dez 1998]	58	6.730.543	114	7.881.741
Itamar Franco [out 92 dez 94]	39	3.620.855	16	2.716.218
Fernando Collor [mar 90 set 92]	58	12.897.131	112	6.601.304
José Sarney [abr 85 mar 90]	39	1.957.234	67	2.874.097

Fonte: FUNAI (2023).

Tabela 2 - Demarcações de TIs na AL por governo.

Demarcações - AL				
Presidente [período]	TIs Declaradas		TIs Homologadas	
	Nº	Extensão (Ha)	Nº	Extensão (Ha)
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2023 - atual]	0	0	3	575.096
Jair Bolsonaro [jan 2019- dez 2022]	0	0	0	0
Michel Temer [mai 2016 a dez 2018]	2	3.392.275	1	19.216
Dilma Rousseff [jan 2015 a mai 2016]	10	878.462	9	1.240.776
Dilma Rousseff [jan 2011 a dez 2014]	5	964.170	11	2.025.406
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2007 a dez 2010]	26	1.821.205	13	7.690.239
Luiz Inácio Lula da Silva [jan 2003 a dez 2006]	20	7.917.596	52	10.988.935
Fernando Henrique Cardoso [jan 1999 a dez 2002]	47	15.767.121	18	9.642.668
Fernando Henrique Cardoso [jan 1995 a dez 1998]	32	17.138.447	81	30.709.327
Itamar Franco [out 92 dez 94]	23	6.518.162	10	5.499.776
Fernando Collor [mar 90 set 92]	35	23.390.618	74	25.795.019
José Sarney [abr 85 mar 90]	34	11.009.449	21	9.452.807

Fonte: FUNAI (2023).

Podemos observar que os governos de Fernando Henrique Cardoso e Luiz Inácio Lula da Silva no seu primeiro mandato foram os que mais se destacaram em termos de homologações de TIs durante seus mandatos, e o governo do Jair Bolsonaro se destaca por não ter declarado e nem homologado TIs.

2.2.4 Desflorestamento nas TIs no Brasil

De acordo com o MapBiomas (2023), a perda de vegetação nativa no Brasil nos últimos 30 anos (1991-2021) foi de 65 milhões de hectares. Entre as categorias fundiárias, as TIs estão entre as áreas mais protegidas, com apenas 0,9% de desflorestamento, o que equivale a 0,6 milhões de hectares. Por outro lado, nas áreas privadas, a perda de vegetação nativa chegou a 44,8 milhões de hectares, representando 69,3% de toda a perda. Durante esses 30 anos, as TIs

perderam apenas 1,2% de sua área de vegetação nativa, enquanto nas áreas privadas essa perda foi de 19,9%.

2.3 GEOTECNOLOGIAS

Geotecnologias são tecnologias que permitem a coleta, o processo, a análise e disponibilidade dos dados espaciais. Elas incorporam o comportamento espacial de elementos na superfície do planeta, como localização, extensão e formato, para gerar informações relevantes. Permitem tratar dados e extrair informações com base nesse comportamento espacial dos objetos presentes no planeta (CÂMARA et al., 2004). As principais geotecnologias são: Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto (SR) e sistemas de posicionamento global (GPS) (IBAM, 2015). Neste trabalho, vamos usar somente SIG.

2.3.1 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

Um SIG é composto por um conjunto de ferramentas especializadas que nos auxiliam a armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de sua localização em relação a um sistema de coordenadas, bem como seus atributos ocultos, como cor, pH, custo, incidência de pragas, entre outros, e as relações topológicas existentes entre eles. Em essência, um SIG atua como uma representação modelada do mundo real e pode ser utilizado em diversos estudos relacionados ao meio ambiente, recursos naturais, previsão de fenômenos específicos e apoio à tomada de decisões em planejamento (BURROUGH, 1986).

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser definido como um sistema que possui quatro grupos de habilidades para lidar com dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação, análise e saída. Os dados são considerados georreferenciados quando possuem duas características principais: dimensão física e localização espacial (ARONOFF, 1989).

Segundo Câmara (2002), as principais características de um SIG são:

- integração de informações espaciais provenientes de dados cartográficos, censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno em uma única base de dados;
- combinação das diversas informações por meio de algoritmos de manipulação para gerar mapas derivados;

- consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo da base de dados geocodificados;
- os dados tratados em um SIG incluem imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares.

A tecnologia SIG tem sido usada por vários setores que tratam da questão ambiental como importante ferramenta para o planejamento ambiental, pois a avaliação integrada de muitas variáveis se torna possível e simplificada com o uso deste sistema; permite a rápida geração de informações intermediárias e finais, além da inclusão de variáveis anteriormente não pensadas, visto que possibilita novas interações a qualquer momento (DONHA et al., 2005).

2.4 GRÁFICO BOX-PLOT

O boxplot, também conhecido como gráfico de caixas e linhas, é uma ferramenta poderosa e amplamente adotada na análise de dados quantitativos. Este método de representação visual é útil para sintetizar e comunicar informações cruciais sobre a distribuição de uma variável quantitativa em um formato simples e de fácil interpretação.

De acordo com Pinheiro et al. (2015), o boxplot é frequentemente empregado para proporcionar uma visão abrangente de um conjunto de dados, apresentando, em uma única figura, detalhes essenciais sobre a sua dispersão, tendência central e a presença de valores atípicos, ou *outliers*. A estrutura do boxplot é relativamente simples: ele consiste em uma caixa retangular que representa a metade central dos dados. A parte superior da caixa denota o terceiro quartil (Q3), enquanto a parte inferior representa o primeiro quartil (Q1). O traço horizontal dentro da caixa corresponde à mediana (Q2).

Além disso, o boxplot é uma ferramenta valiosa para a comparação de dois ou mais conjuntos de dados. Ryan (2011) destaca a capacidade do boxplot em resumir as características-chave da distribuição de dados de forma visual e eficaz, tornando-o ideal para comparar grupos e identificar diferenças significativas.

2.5 PRODES (PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA POR SATÉLITE)

O Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) é um sistema de monitoramento por satélite que rastreia o desflorestamento por corte raso na AL. Desde 1988, ele produz taxas anuais de desflorestamento usadas pelo governo

brasileiro para políticas públicas. As estimativas anuais são baseadas na identificação de áreas desflorestadas em imagens de satélite da série LANDSAT. Esses dados são apresentados em estimativas até dezembro e consolidados no primeiro semestre do ano seguinte (INPE, 2022).

O PRODES utiliza imagens de satélites LANDSAT, CBERS, IRS, UK-DMC2 e outros. Independentemente do instrumento, a área mínima mapeada é de 6,25 hectares. As estimativas do PRODES são altamente confiáveis, com uma precisão próxima a 95% (INPE, 2022).

As taxas anuais de desflorestamento do PRODES são usadas para direcionar políticas públicas e avaliar sua eficácia. Os dados são usados em certificação de cadeias produtivas do agronegócio, acordos internacionais sobre mudanças climáticas e recebem doações monetárias do Fundo Amazônia (INPE, 2022).

A política de transparência dos dados permite o acesso completo às informações geradas pelo sistema de monitoramento, permitindo avaliações independentes pela comunidade usuária. O projeto PRODES colabora com o Ministério do Meio Ambiente e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e faz parte das ações para reduzir o desflorestamento na AL (INPE, 2022).

2.5.1 Conceitos definidos pelo PRODES para desflorestamento no monitoramento por satélite

O desflorestamento, conforme definido pelo PRODES, refere-se à conversão de áreas de vegetação primária por ações humanas, envolvendo a supressão de vegetação primária por ações antropogênicas. Esse processo pode ser visto como um gradiente que vai desde a floresta intacta até a conversão completa da vegetação em outros tipos de cobertura. Além dos estágios extremos de desflorestamento, que são mais evidentes e fáceis de identificar, é importante considerar o gradiente de degradação florestal que ocorre ao longo do processo, devido a ações antrópicas (INPE, 2019).

2.5.1.1 Desflorestamento por Corte Raso

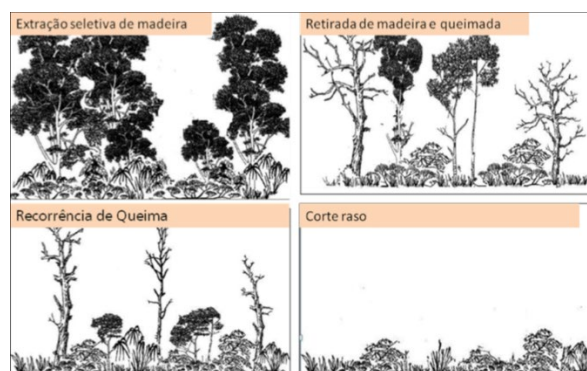
O processo de desflorestamento por corte raso envolve a remoção completa da cobertura florestal em um curto período. Nesse processo, a vegetação é totalmente eliminada seguindo geralmente por queimadas para eliminar os resíduos. A área é então convertida para outros usos, como agricultura, pastagem, áreas urbanas ou Usinas Hidrelétrica (UHE). Pode acontecer também o processo de regeneração natural da área degradada (INPE, 2019).

O desflorestamento geralmente começa com a “brocagem”, que envolve o corte das árvores menores e lianas (cipós) para facilitar o corte das árvores maiores, que são derrubadas durante a estação de seca, com motosserras. A biomassa resultante é deixada no solo e normalmente queimada durante o período mais seco. Em alguns casos, a biomassa é agregada em pilhas para queimadas posteriores. Após o desflorestamento, a área é convertida em pastagem por meio do plantio de gramíneas adaptadas à região amazônica e ao fogo. O desflorestamento por corte raso deixa marcas visíveis nas imagens de satélite, com solo exposto contrastando com vegetação circundante, tornando-o relativamente fácil de detectar. Esse método de desflorestamento foi predominante nas décadas de 70, 80, 90 e início dos anos 2000 (INPE, 2019).

2.5.1.2 Desflorestamento por Degradação Progressiva da Floresta

No processo de desflorestamento por degradação progressiva, a perda completa da floresta ocorre gradualmente e é mais difícil de detectar por meio de imagens de satélite em comparação ao desflorestamento por corte raso. Esse processo começa com a retirada das árvores de maior valor comercial, seguida pelas árvores destinadas à construção civil e, por fim, as árvores de madeira leve são colhidas para a produção de compensados e placas. A destruição da vegetação rasteira e das árvores de menor porte ocorre posteriormente, deixando poucas árvores protegidas por lei ou sem valor comercial. Durante a degradação ocorre a semeadura de pastagens, que é gradualmente introduzida enquanto a floresta ainda está presente. A queima da pastagem ocorre em fases subsequentes, resultando na destruição da floresta remanescente. O processo de degradação progressiva pode durar de dois a vários anos e é desafiador de detectar por satélite para fins de fiscalização (INPE, 2019). A Figura 3, ilustra a degradação progressiva.

Figura 3 - Ilustração da degradação progressiva.

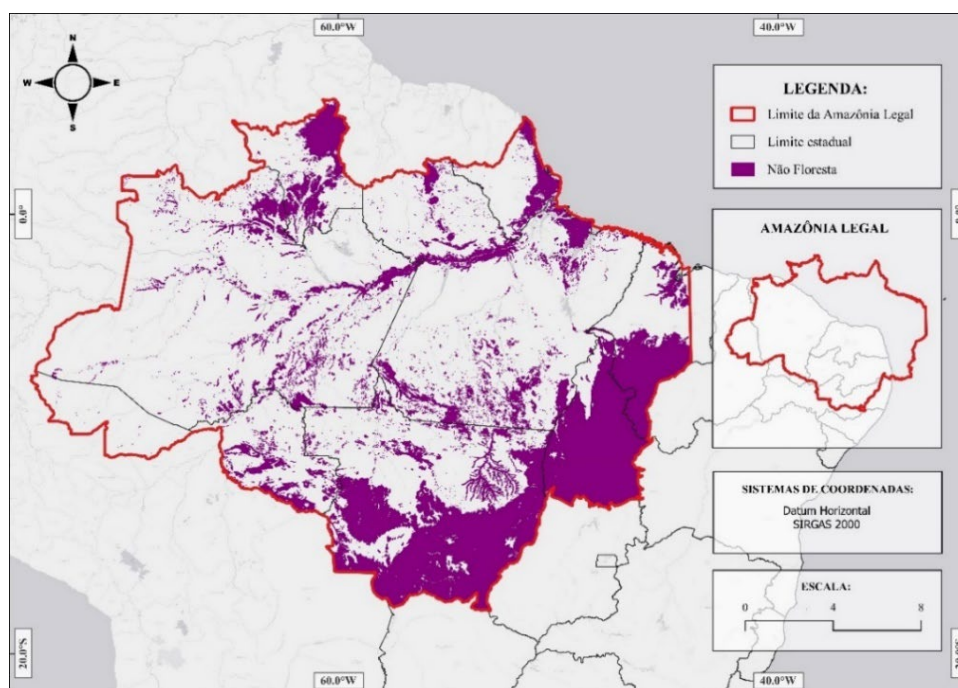


FONTE: INPE (2019)

2.5.2 Área de abrangência

O PRODES é responsável pelo mapeamento da perda da cobertura florestal primária dentro da AL. Para delimitar com precisão a localização dessas formações florestais, o INPE classificou as áreas sem cobertura florestal como "não floresta". A Figura 4 mostra a distribuição espacial das áreas de "não floresta" na AL Brasileira.

Figura 4 - Área de não floresta na AL.

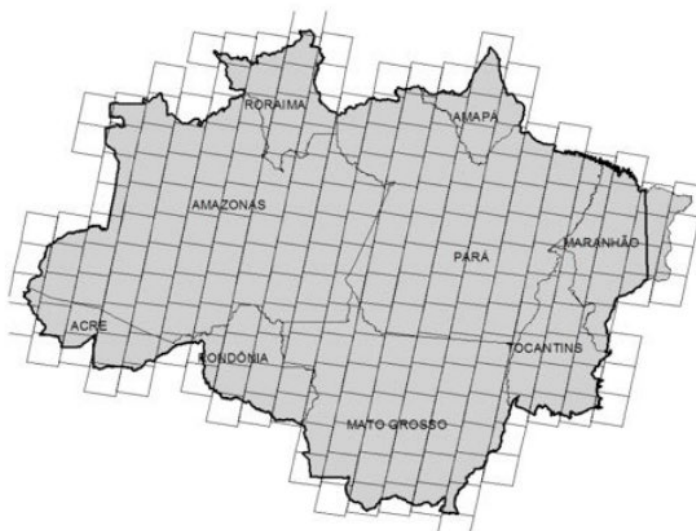


FONTE: INPE (2022).

2.5.3 Imagens Utilizadas

O PRODES utiliza imagens chamadas de "imagens da classe Landsat", compatíveis com aquelas geradas pelos satélites da série Landsat da NASA/USGS (EUA). Estas imagens possuem uma resolução espacial de cerca de 20-30 metros e pelo menos três bandas espectrais. As imagens são disponibilizadas pelos provedores com correção geométrica de sistema, refinada pelo uso de pontos de controle e modelos digitais de elevação do terreno, resultando em imagens ortorretificadas prontas para análise, sem a necessidade de processamento adicional. Para cobrir toda a AL Brasileira, são necessárias 229 imagens Landsat (INPE, 2019). A Figura 5 mostra a localização dessas imagens de acordo com a grade padrão de aquisição das imagens Landsat.

Figura 5 - Posicionamento de imagens usadas no PRODES.



FONTE: INPE (2019)

2.5.4 Metodologia do PRODES

Segundo o INPE (2019), a metodologia PRODES utiliza os seguintes processos:

- o PRODES mapeia anualmente os incrementos de desflorestamento por corte raso ou degradação progressiva da vegetação primária;
- o mapeamento é realizado por especialistas em meio de fotointerpretação;
- o desflorestamento ocorre principalmente durante a estação seca, quando as características espectrais da vegetação são ideais para detecção e a cobertura de nuvens é reduzida;
- as imagens utilizadas possuem resolução espacial de cerca de 20-30 metros, taxa de revisita entre 5 e 26 dias e três ou mais bandas espectrais;
- não é possível adquirir todas as imagens necessárias para cobrir a AL Brasileira no mesmo dia/mês de referência em todos os anos, devido às órbitas dos satélites utilizados;
- em áreas com alta cobertura de nuvens, mais de uma imagem ou imagens de diferentes sensores/datas podem ser usadas para compor uma cena;
- a metodologia adota um mapeamento incremental, em que os incrementos de desflorestamento entre uma imagem de um ano e a imagem do ano subsequente são mapeados;

- para fins de cálculo da taxa de desflorestamento, apenas os polígonos com área superior a 6,25 hectares são considerados;
- a taxa anual de desflorestamento é calculada a partir dos incrementos mapeados em um ano PRODES, estimando o desflorestamento ocorrido no período de um ano-calendário;
- o desflorestamento em áreas não observadas devido à cobertura de nuvens é estimado por meio de uma metodologia específica.

2.5.4.1 Fase da seleção e pré-processamento das imagens

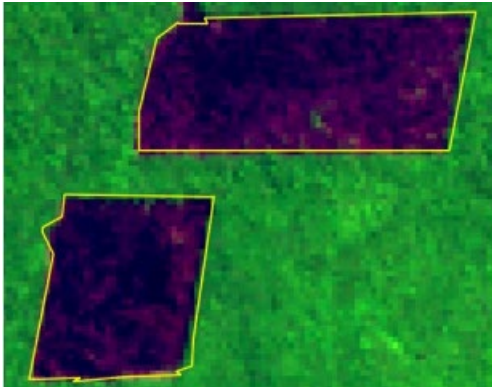
No processo de escolha das imagens, o PRODES inicia em agosto e seleciona aquelas com menor cobertura de nuvens, preferencialmente dentro ou próximo à estação seca de cada cena. São utilizadas imagens da classe Landsat, como Landsat-8 e Landsat-9, além de imagens complementares do SENTINEL-2 e CBERS-4/4A para cobrir áreas com nuvens sucessivas (INPE, 2019).

Após a seleção das imagens, são geradas composições de bandas, sendo a composição 6R/5G/4B (Landsat 8-9) utilizada como referência para o mapeamento. As bandas 6, 5, e 4 correspondem aos canais infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho respectivamente. Em seguida, as imagens passam por um processo de realce para evidenciar as áreas de desflorestamento (INPE, 2019).

2.5.4.2 Fase do mapeamento dos polígonos de desflorestamento

A identificação do desflorestamento é feita por interpretação de imagens, realizada por especialistas treinados, que delimitam os polígonos de desflorestamento. Os especialistas identificam os padrões de alteração da cobertura florestal com base nos principais elementos observáveis nas imagens: tonalidade, cor, forma, textura e contexto (INPE, 2019). A Tabela 3, mostra exemplos de feições espaciais que demonstram padrões de alteração da cobertura florestal.

Tabela 3 - Feições espaciais.

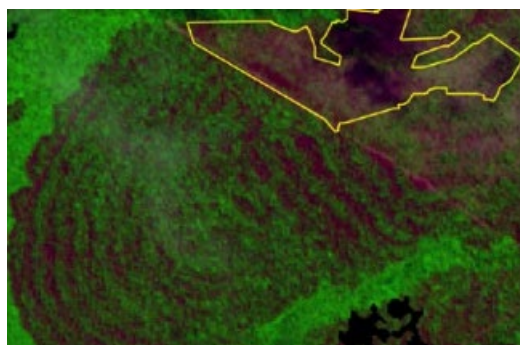
Imagens Landsat	Critério de Interpretação
	Desflorestamento por corte raso com solo exposto: Após o desflorestamento por corte raso, a cobertura florestal é completamente removida, resultando em uma evidente reflectância predominante de solo exposto. Esse solo aparece na cor magenta, que varia de tons mais claros (geralmente solos de granulometria grossa ou secos) a tons mais escuros (solos de granulometria fina, úmidos ou com maior concentração de matéria orgânica). O polígono de solo exposto possui forma regular, textura lisa e limites bem definidos em relação à floresta ao seu redor.
	Desflorestamento por corte raso com vegetação herbácea: Quando ocorre um intervalo de tempo maior entre a remoção da floresta por corte raso e a sua detecção na imagem de satélite, pode ocorrer o crescimento de vegetação herbácea. Pode haver também a introdução de pastagens plantadas ou de cultivos agrícolas no local desflorestamento. Nesses casos, a feição desflorestada terá a cor verde, de tonalidade clara a média, textura lisa e forma regular.
	Desflorestamento por corte raso com queimada: Após realizado um desflorestamento por corte raso, o fogo é comumente empregado como uma ferramenta para eliminar os resíduos de vegetação acumulados sobre o solo. Queimadas ocorridas próximas à data de detecção se destacam em cor magenta escuro, e, com o passar do tempo, a tonalidade se torna mais clara. A textura é lisa e a forma regular.



Desflorestamento por degradação progressiva da floresta por retirada seletiva de madeira:

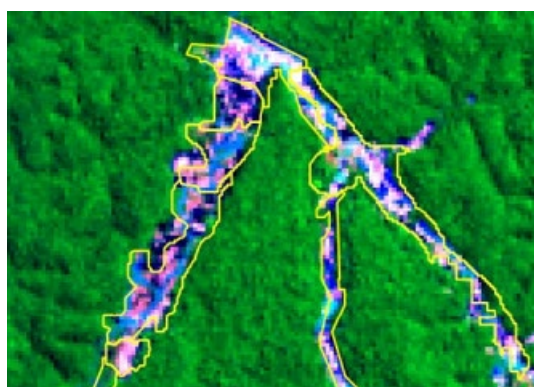
Algumas florestas têm sido progressivamente degradadas ao longo dos anos devido à retirada gradual de madeira. A detecção de desflorestamento nessas áreas só ocorre no estágio final dessa retirada, quando ocorre o colapso da estrutura da floresta. Nesse estágio, as feições apresentam aspectos heterogêneos nas composições, com a predominância de tons magenta quando há solo exposto ou tons verdes claros a médios quando ocorre o desenvolvimento de herbáceas.

Os polígonos têm forma regular e a textura geralmente é rugosa devido à presença de poucos indivíduos arbóreos e arbustivos remanescentes.



Desflorestamento por degradação progressiva da floresta por uso sucessivo do fogo:

Queimadas sucessivas ocasionam o colapso da estrutura florestal. Quando há a perda do dossel pela recorrência do fogo, pode-se identificar a ocorrência de desflorestamento, uma vez que há a perda das funções ecológicas da floresta e, portanto, de sua capacidade de autorregeneração. São identificadas pelo PRODES as queimadas com textura lisa, cuja cor é magenta com tonalidade que varia entre escura e média. A forma pode ser regular ou irregular.



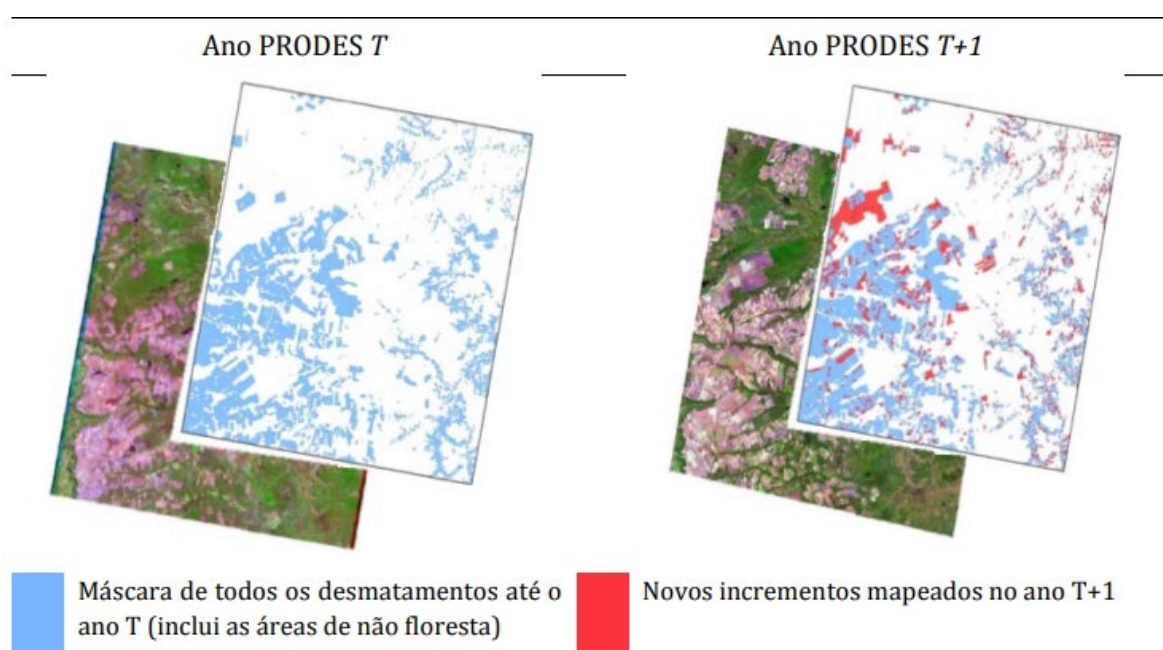
Desflorestamento em áreas de mineração:

O avanço do garimpo em áreas de mineração a céu aberto é uma atividade que também ocasiona a remoção de florestas na Amazônia. Podem ocorrer em áreas com uso antrópico consolidado, mas é também muito comum em locais isolados, especialmente, ao longo dos rios de menor porte e canais de drenagem. Por esse motivo, têm forma irregular. Como a resposta da reflectância ocorre com a sobreposição de sinais de solo exposto e de água, as áreas de mineração podem ser identificadas nas imagens em feições caracterizadas por uma mistura de cores magenta e azul, e de textura rugosa.

FONTE: INPE (2019).

O PRODES utiliza uma abordagem incremental, o que significa que a cada ano o sistema mapeia apenas os novos incrementos de desflorestamento. Para garantir essa característica, uma máscara de exclusão é atualizada anualmente para incluir todos os desflorestamentos detectados pelo PRODES em anos anteriores, impedindo que os foto intérpretes mapeiem incrementos em áreas já desflorestadas anteriormente, como mostrado na Figura 6. A máscara de exclusão também inclui as classes de não floresta e hidrografia (INPE, 2019).

Figura 6 – Máscara de desflorestamento do PRODES.



FONTE: INPE (2019)

2.6 GEOTECNOLOGIAS EM APOIO AO DESFLORESTAMENTO EM TIS

O estudo apresentado por SANTOS et al. (2022) teve como objetivo mapear a dinâmica do desflorestamento na TI Apyterewa, localizada em São Félix do Xingu - PA, na região da AL. Foram utilizadas técnicas de SR aplicadas a imagens de satélite dos anos 2000 a 2018, dos sensores TM do satélite Landsat 5 e OLI do Landsat 8, e quantificadas as taxas e variáveis do desflorestamento. Os resultados revelaram que a TI Apyterewa apresenta 12% de seu território desflorestado, devido à expansão da pecuária bovina. Além disso, mais de 80% do território da TI está ocupado por não indígenas, como madeireiros e agropecuaristas.

O estudo de Turíbio et al. (2022), enfoca os problemas da UHE Belo Monte (UHEBM) nas TIs Paquiçamba e Arara da Volta Grande do Xingu, que estão localizadas na Área Diretamente Afetada (ADA) pela UHEBM. O estudo analisou os índices de desflorestamento

nesses territórios no período de 2000 a 2020, utilizando técnicas de geoprocessamento e SR para a obtenção e análise dos dados. As informações foram adquiridas na plataforma do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomass), e os mapas foram elaborados por meio do *software* QGIS. A análise dos dados revelou um aumento significativo nos índices de desflorestamento nas TIs Paquiçamba e Arara da Volta Grande do Xingu ao longo do período de 2000 a 2020, especialmente após a implantação da UHEBM. Os resultados, ressaltam os impactos negativos da UHEBM e do desflorestamento nas TIs, enfatizando a urgência de ações efetivas para proteger e preservar essas áreas.

O estudo de Santos Júnior & Fernandes (2014) teve como objetivo utilizar técnicas de geoprocessamento para monitorar a cobertura vegetal na TI Xacriabá, localizada no norte do estado de Minas Gerais, ao longo de um período de 10 anos. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat TM 5 (ano de 2004) e Landsat 8 OLI/TIRS (ano de 2014). Quatro classes foram definidas para o mapeamento da superfície terrestre: água, pastagem, solo exposto e vegetação. O classificador supervisionado de máxima verossimilhança foi aplicado com um limiar de aceitação de 99,9% para ambas as imagens.

Além disso, foram utilizadas imagens geradas a partir do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do produto MOD13Q1 do sensor MODIS para os anos de 2004 e 2014. Os resultados da classificação da superfície terrestre mostraram uma perda de 1.696,27 hectares (3,19%) de áreas preservadas, um aumento de 3% nas áreas de pastagem e um acréscimo de 128,54 hectares de solo exposto. Na análise dos valores do NDVI, foi observado um decréscimo nos índices de vegetação ao longo do período analisado. Esses resultados indicam um aumento das áreas afetadas pela atividade humana e uma diminuição das áreas vegetadas, o que impacta negativamente a biodiversidade existente na região.

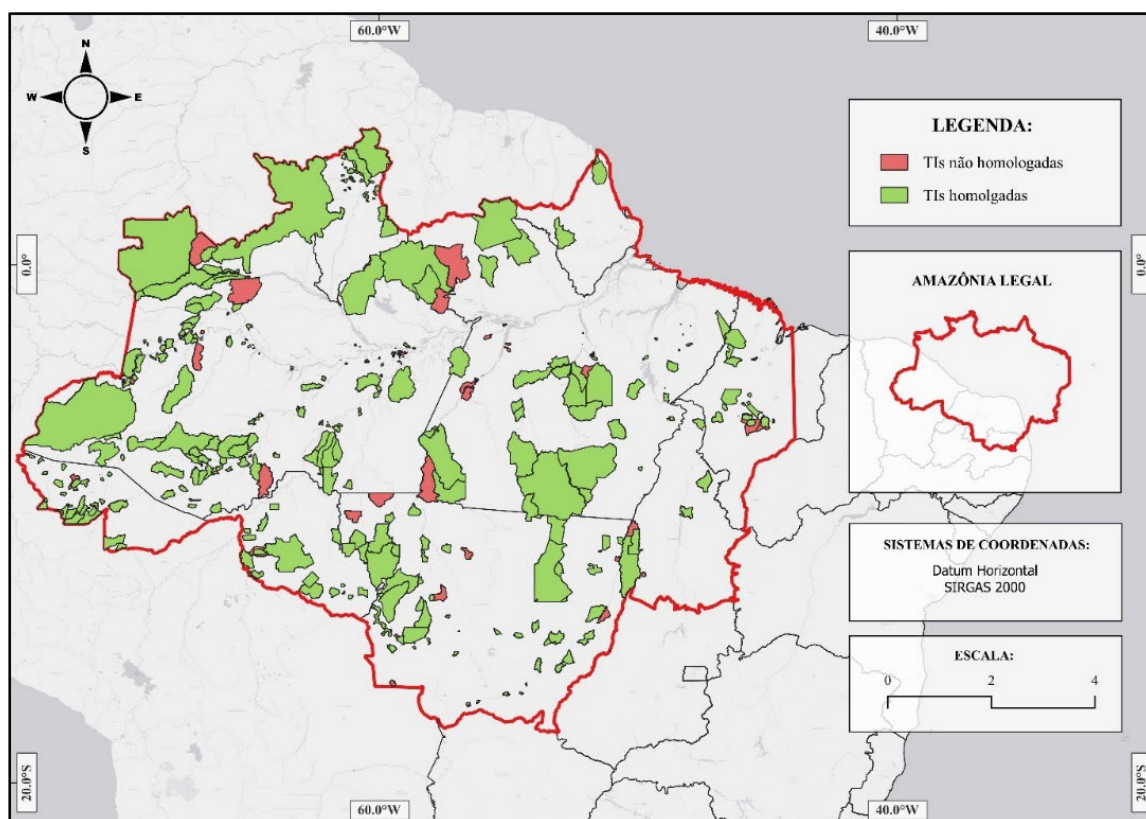
Para estudo de Marcelino et al. (2022), utilizou-se a classificação pelo Random Forest na plataforma Google Earth Engine (GEE) e o módulo Land Change Modeler, do aplicativo TerrSet, para o mapeamento das áreas da TI Tapayuna nos anos de 2004 e 2021, com o objetivo de analisar e monitorar as mudanças ocorridas nas TIs, além de estimar as probabilidades de alteração do uso do solo e perda da cobertura florestal. Durante esse período, foi observado uma substituição da formação florestal pela expansão da agropecuária.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba as TIs presentes na AL, tal que a soma das suas áreas de superfície é aproximadamente 1,153 milhões de km² ; representando 23% do território da AL e 98.25% da extensão de todas as TIs do país, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 – TIs na AL.



FONTE: FUNAI (2023) e INPE (2022).

3.2 METODOLOGIA APLICADA

Fluxograma apresentado na Figura 8 esboça o processo de aquisição de dados e o procedimento para análise do desflorestamento em TIs na AL. O objetivo principal desse procedimento é obter informações sobre o desflorestamento antes e após as homologações, utilizando geotecnologias e análises estatísticas.

Para facilitar a compreensão do fluxograma, diferentes representações visuais foram adotadas: caixas quadradas representam dados vetoriais, ou seja, informações geográficas

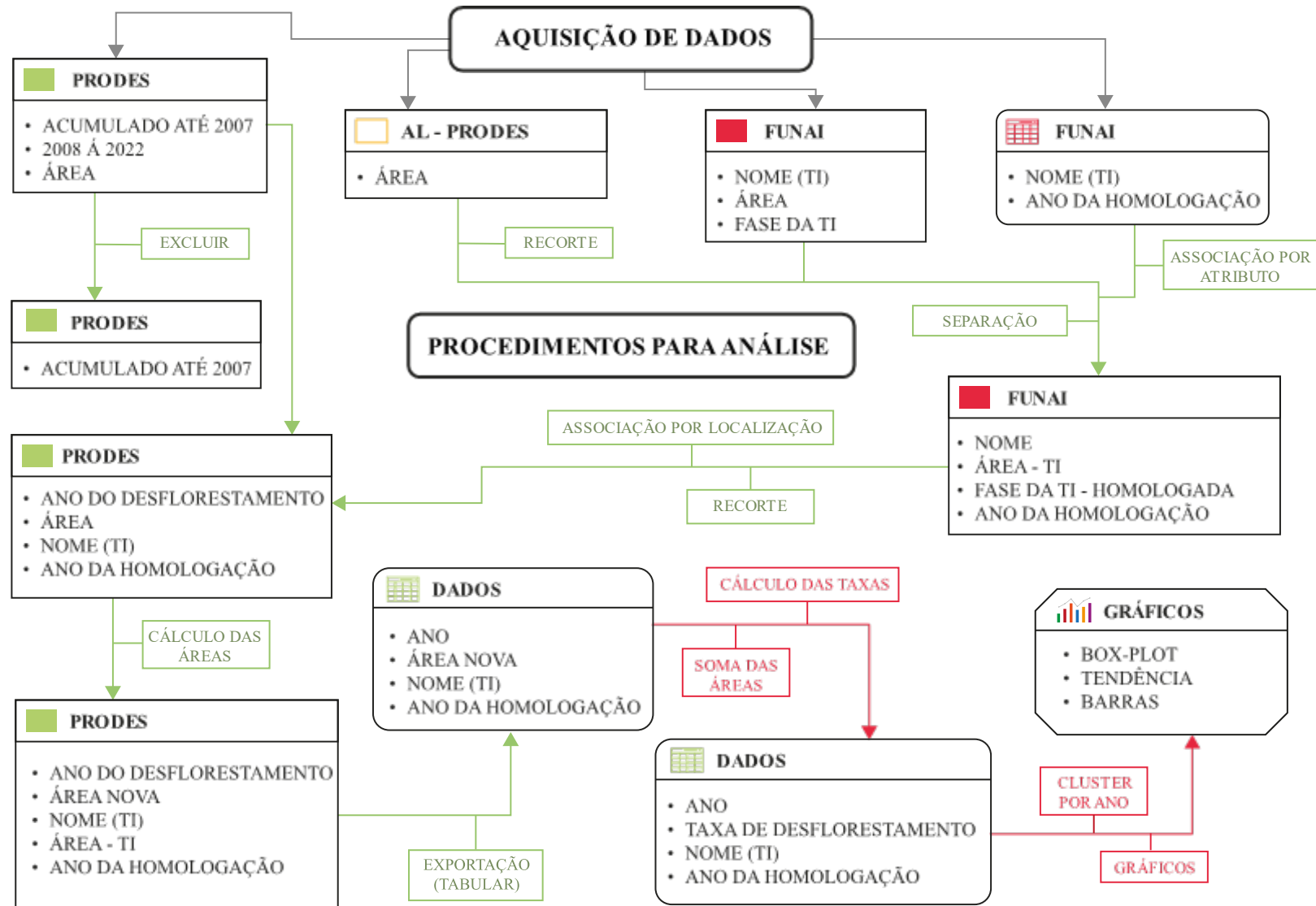
expressas em formato de polígonos; as caixas quadradas com cantos arredondados denotam dados tabulares, organizados em tabelas; e as caixas quadradas com cantos retos representam figuras ou elementos visuais.

As linhas de fluxo, por sua vez, são codificadas para refletir os processos realizados: as linhas cinzas correspondem aos processos de aquisição de dados, as linhas verdes indicam os procedimentos que utilizam geotecnologias, enquanto as linhas vermelhas representam as etapas envolvendo análises estatísticas. Para cada linha de fluxo verde e vermelha foi descrito o processo utilizado.

Cada caixa no fluxograma é acompanhada por títulos que descrevem os atributos ou informações associadas. Ao lado esquerdo de cada título, são encontrados ícones que representam o formato dos dados utilizados: um quadrado indica dados vetoriais, um ícone de tabela representa dados tabulares e um ícone de gráfico corresponde a representações visuais dos dados. A distinção entre cores nos ícones também possui significados específicos: ícones verdes preenchidos correspondem a dados do PRODES, ícones vermelhos preenchidos referem-se a dados da FUNAI, enquanto ícones laranja indicam dados específicos do PRODES da AL.

Os processos delineados no fluxograma da Figura 8 são detalhados nos itens subsequentes deste trabalho para uma compreensão mais aprofundada. Essa abordagem visa facilitar a compreensão das etapas realizadas na análise do desflorestamento em TIs, proporcionando uma visão mais completa e detalhada do procedimento adotado.

Figura 8 - Fluxo para análise de dados



3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados do PRODES foram selecionados para analisar o desflorestamento, o PRODES possui uma metodologia sólida e uma série histórica abrangente, o que nos permite realizar uma análise robusta das tendências de desflorestamento e identificar padrões ao longo do tempo. Além disso, sua cobertura espacial abrange toda a AL, englobando a área de estudo. O PRODES também é amplamente respeitado e reconhecido, tanto nacional quanto internacionalmente, o que confere credibilidade aos dados utilizados. Essas informações são publicadas anualmente pelo INPE e estão disponíveis ao público, o que promove a transparência e permite que outros pesquisadores e organizações revisem e verifiquem os dados. Quanto às TIs, estamos adotando as delimitações estabelecidas pela FUNAI.

3.3.1 Dados do PRODES

O site TerraBrasilis é uma plataforma online pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil. Ela oferece uma ampla gama de informações geoespaciais e dados relacionados ao meio ambiente, incluindo mapas, imagens de satélite e informações sobre desflorestamento, unidades de conservação, TIs e outros tópicos ambientais. Esses dados são apresentados de forma interativa e acessível, permitindo que os usuários explorem informações geográficas do território brasileiro.

Para este estudo, procedemos à aquisição de dados do PRODES por meio da plataforma TerraBrasilis. Inicialmente, realizamos o *download* dos arquivos vetoriais do tipo shapefile da região da AL, com a sua área calculada, bem como em formatos vetoriais do tipo GeoPackage contendo informações sobre o desflorestamento da AL, com o acumulado do desflorestamento até 2007 e do período de 2008 até 2022 discretizados para cada ano. No contexto da pesquisa, foi feita a operação de excluir, por meio do software QGIS, os dados acumulados até o ano de 2007, pois eles estão sem identificação do ano de desflorestamento, focalizando nossa análise no período de 2008 a 2022, pois para esse período os dados estão discretizados para cada ano.

Essa seleção específica de dados foi feita com o objetivo de permitir uma comparação temporal significativa e relevante. Ao adotar essa abordagem, a pesquisa visou avaliar o desflorestamento na região da AL ao longo de um período substancial, possibilitando uma análise atualizada dos eventos de desflorestamento na região.

3.3.2 Dados FUNAI

Por meio do site oficial da FUNAI, foram acessados os limites das TIs no formato vetorial do tipo shapefile. Utilizando o *software* QGIS, aplicou-se a ferramenta de "recorte" para extrair apenas as TIs que se encontram na região da AL. No entanto, foi identificada a ausência do atributo relativo ao ano de homologação das TIs no shapefile original.

Para contornar essa limitação, a informação do atributo relativo ao ano de homologação das TIs foi disponibilizada pela FUNAI em formato tabular. Com essa tabela, procedeu-se à associação de atributos no *software* QGIS, ao qual foi unificado os dados da tabela em relação ao nome com os limites das TIs em formato vetorial, criando um conjunto único que incorporasse informações essenciais, como a área de superfície de cada TI, seu nome e o ano de homologação correspondente. Isso permitiu uma análise mais abrangente das TIs no contexto do estudo.

3.3.3 TIs estudadas

Nesse processo de análise de dados de desflorestamento, enfatizamos a importância de dispor de uma série temporal abrangente. Nosso principal objetivo foi comparar as condições de desflorestamento antes e depois da homologação das TIs. Para realizar essa comparação, foi feita a separação das TIs que foram homologadas no período de 2009 a 2018.

A escolha desse intervalo de tempo foi estratégica por diversas razões. Primeiramente, o ano de 2009 foi selecionado para possibilitar a análise de anos significativos antes da homologação, uma vez que tínhamos dados disponíveis a partir de 2008, pois para os dados PRODES foram excluídos os dados acumulados até 2007 sem identificação do desflorestamento para cada ano. Além disso, o ano de 2018 foi escolhido porque não houve homologações de TIs entre 2019 e 2022, e em 2023, não possuímos dados de desflorestamento para análise. Também excluimos as TIs homologadas durante esse período que não apresentaram desflorestamento, focando em casos com registros de desflorestamento.

Essa abordagem de seleção de anos específicos tem como objetivo obter resultados estatisticamente relevantes que nos permitam comparar as condições de desflorestamento antes e depois da homologação das TIs de forma sólida e informativa. A escolha desse período se justifica pelo fato de que só dispomos de dados de desflorestamento por ano de 2008 a 2022. É relevante destacar que, no ano de 2014 e 2017, não houve homologações de TIs, e dentro do período de 2008 a 2022 oito TIs não apresentaram desflorestamento e, portanto, não foram

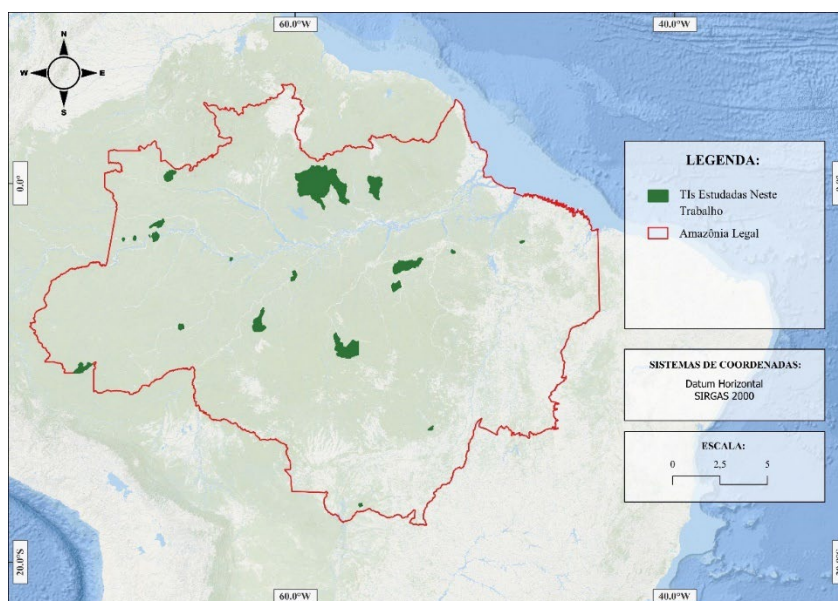
incluídas neste estudo. A seleção das TIs que serão objeto de estudo neste trabalho é mostrada na Tabela 4 e na Figura 9 abaixo.

Tabela 4 -TIs estudas neste trabalho.

Nome	Data de Homologação	Área (Ha)
Apurinã do Igarapé Mucum	31/12/10	73.350,6
Arara da Volta Grande do Xingu	17/04/15	25.524,6
Arary	17/12/15	40.548,6
Baía dos Guató	26/04/18	19.217,0
Balaio	21/12/09	257.281,5
Barro Alto	19/04/11	1.937,2
Cachoeira Seca	04/04/16	733.688,3
Cajuhiri Atravessado	17/12/15	12.455,7
Kayabi	24/04/13	1.053.257,7
Lago do Correio	21/12/09	13.209,8
Mapari	17/04/15	157.246,2
Matintin	05/06/12	21.760,7
Pequizal do Naruvôtu	29/04/16	27.878,5
Prosperidade	21/12/09	5.572,9
Riozinho do Alto Envira	05/06/12	260.972,0
São Domingos do J. e Estação	21/12/09	134.781,8
Sarauá	19/04/11	18.610,3
Setemã	17/04/15	49.773,0
Tenharim Marmelos (Gleba B)	05/06/12	474.741,6
Trombetas/Mapuera	21/12/09	3.970.898,0
Xipaya	05/06/12	178.723,0
Zoe	21/12/09	668.565,6

FONTE: FUNAI (2023)

Figura 9 – Localização das TIs estudadas neste trabalho.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

3.4 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DE DADOS

3.4.1 Dados de desflorestamento por TIs

Nesta etapa do processo, utilizamos o *software* QGIS para efetuar a seleção dos dados de desflorestamento, concentrando-nos exclusivamente nas TIs que foram objeto de estudo. Em seguida, procedemos à associação por localização, adicionando informações dos dados das TIs a cada polígono de desflorestamento. Este passo foi crucial para vincular as áreas desflorestadas às TIs correspondentes.

Para garantir a precisão das análises, recorremos ao cálculo das áreas dos polígonos de desflorestamento utilizando a projeção cartográfica Albers. Isso se mostrou necessário, uma vez que o processo de recorte dos polígonos de desflorestamento poderia potencialmente gerar fragmentações e reduzir a sua área.

Posteriormente, convertemos os dados em um formato tabular para facilitar a análise. A tabela resultante assumiu um formato similar ao exemplo da Tabela 5 abaixo. Foram mais de 3.541 polígonos de desflorestamento.

Tabela 5 – Formato tabular dos polígonos de desflorestamento dentro das TIs estudadas

Polígono	Des_Ano	Área (km²)	Nome	Homologação	Área da TI (Ha)
1	2010	0,709145	Acapuri de Cima	05/09/23	18393,9
2	2011	0,065217	Apurinã do Igarapé Mucuim	31/12/10	73350,6

FONTE: INPE (2022).

Esse formato de tabela nos proporciona uma estrutura organizada para analisar e interpretar as informações, permitindo a avaliação precisa do desflorestamento e de suas implicações nas TIs estudadas.

Com os dados tabulares, prosseguimos para a soma das áreas de desflorestamento referente a cada ano do período em cada TI, isso implica agregar os valores de desflorestamento para cada ano específico dentro de uma TI, resultando em um valor total da área desflorestada para cada ano do período.

Em seguida, utilizando a área total de cada Terra Indígena, são calculadas as taxas de desflorestamento para cada ano. Esse cálculo envolve a divisão da área desflorestada em um ano específico pela área total da TI naquele mesmo ano. Isso proporciona uma porcentagem que indica a proporção da área total da TI que foi desflorestada durante aquele ano.

Vale ressaltar que a análise dos dados de desflorestamento não incorpora informações sobre o reflorestamento subsequente. A pesquisa concentrou-se nos polígonos de desflorestamento que ocorreram ao longo dos anos durante o período em questão.

3.4.2 Cluster por data de homologação

Nesta fase do projeto, realizamos uma análise de agrupamento (clusterização) com base nas datas de homologação das TIs. Agrupamos aquelas que foram homologadas no mesmo intervalo de tempo, especificamente entre 2009 e 2018.

Esse processo de agrupamento desempenhou um papel crucial na condução de comparações estatísticas posteriores, que envolveram a criação de gráficos do tipo box-plot e o cálculo de medidas estatísticas, como médias, valores máximos e mínimos. Essa abordagem possibilitou a avaliação dos desflorestamentos nos períodos pré e pós à homologação.

É fundamental ressaltar que, para fins de análise temporal, consideramos o período pós-homologação como o ano subsequente ao da homologação até o ano de 2022. Essa abordagem nos permitiu examinar as mudanças no desflorestamento ao longo do tempo em relação à homologação das TIs, considerando que as políticas públicas já estariam estabelecidas nesse período.

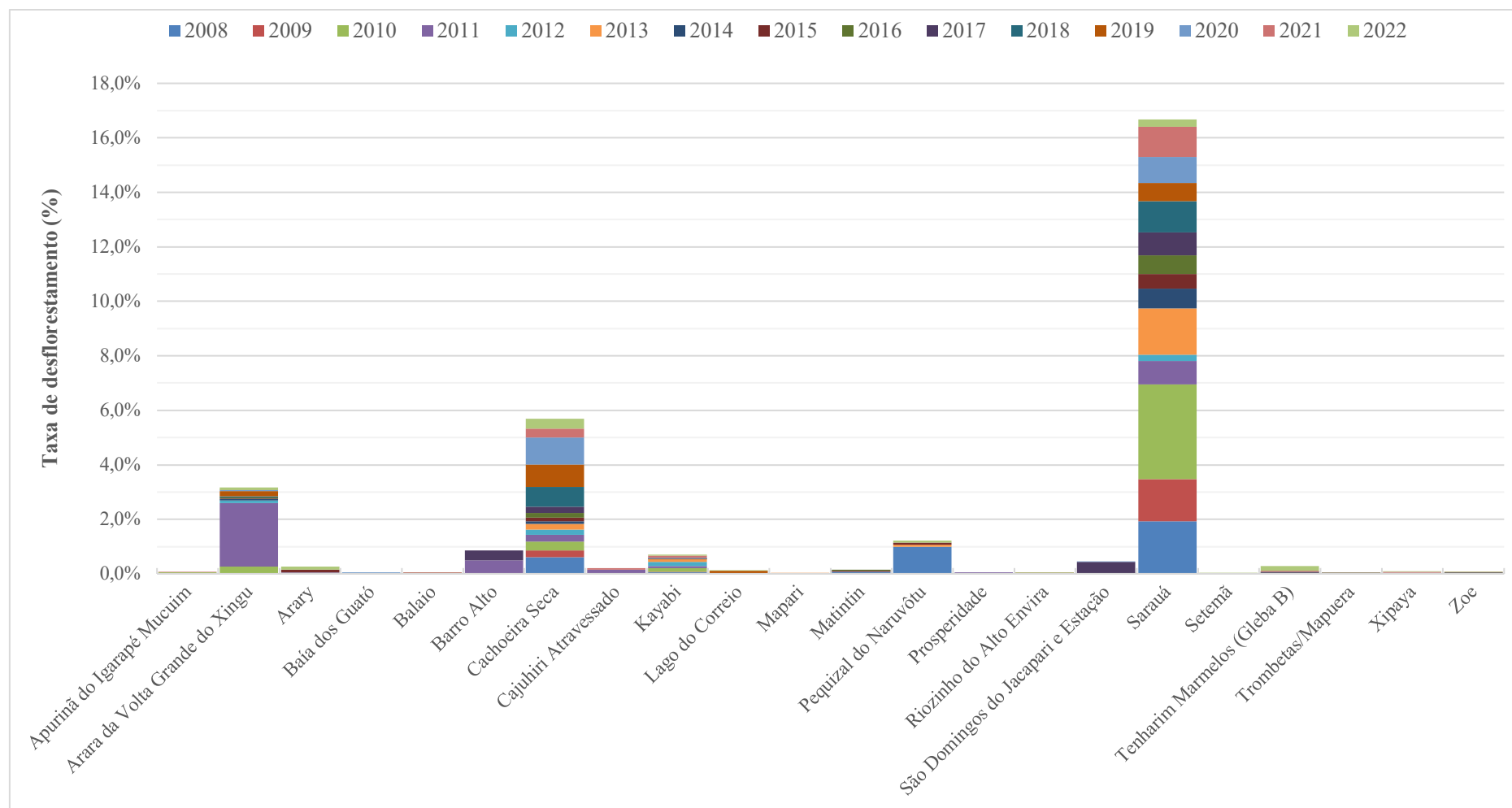
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE GERAL DO DESFLORESTAMENTO DAS TIs ESTUDADAS

Em nossa primeira análise, optamos por criar gráficos de barras que representam as taxas de desflorestamento em todas as TIs estudadas neste trabalho, como observado na Figura 10. Isso nos permitiu apresentar uma visão geral das taxas de desflorestamento em cada TI. É importante observar que as taxas identificadas são geralmente baixas, o que se deve em grande parte à extensa área das TIs em comparação com a quantidade limitada de desflorestamento que ocorre nessas terras. Esse cenário sugere que as TIs são áreas altamente preservadas.

Entre as TIs estudadas, as que registraram as maiores taxas de desflorestamento foram a TI Cachoeira Seca, a TI Arara da Volta Grande do Xingu e, em particular, a TI Sarauá, que apresentou a maior taxa de desflorestamento com aproximadamente 17%.

Figura 10 - Taxa de desflorestamento anuais das TIs estudadas que foram homologadas entre os anos de 2008 a 2022



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023)

4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO DESFLORESTAMENTO DOS PERÍODOS ANTES E DEPOIS DA HOMOLOGAÇÃO

Com o propósito de analisar e comparar o desflorestamento antes e depois da homologação, empregamos o *software* Excel para a criação dos gráficos box-plot e gráficos de linhas de tendência que estão representados nas Figura 11 a Figura 24. No gráfico, o período pré-homologação está representado pela cor vermelha, enquanto o período pós-homologação está destacado em verde.

4.2.1 TIs Homologadas em 2009

As TIs homologadas em 2009 estão listadas na Tabela 6, e é importante observar que a TI Trombetas/Mapuera se destaca devido à sua extensa área territorial.

Tabela 6 - TIs Homologadas no ano 2009

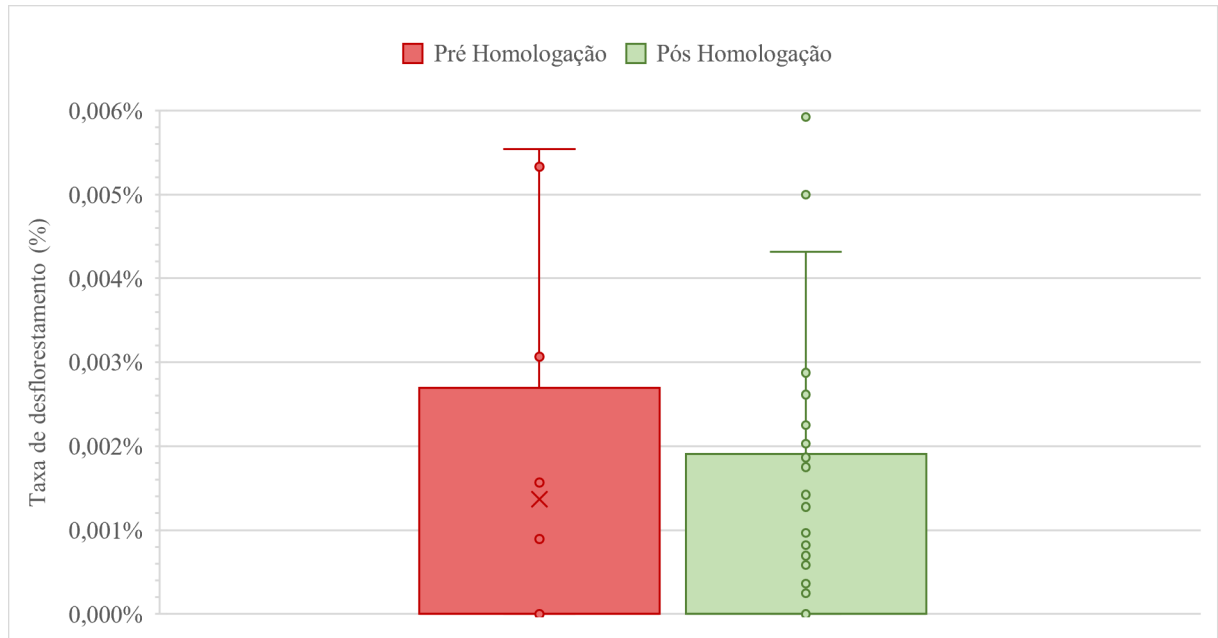
TIs	Ano	Área (km ²)
Balaio	21/12/09	2.572,81
Lago do Correio	21/12/09	132,10
Prosperidade	21/12/09	55,73
São Domingos do Jacapari e Estação	21/12/09	1.347,82
Trombetas/Mapuera	21/12/09	39.708,98
Zoe	21/12/09	6.685,66

Fonte: FUNAI (2023).

Podemos observar na Figura 11 que o primeiro quartil (25º percentil) dos dois períodos apresenta uma taxa de desflorestamento a zero por cento, indicando que ambos tiveram um baixo impacto do desflorestamento. Além disso, é evidente que a variação dos dados no período pré-homologação era consideravelmente maior do que no período pós-homologação, sugerindo uma redução no desflorestamento após a homologação dessas áreas.

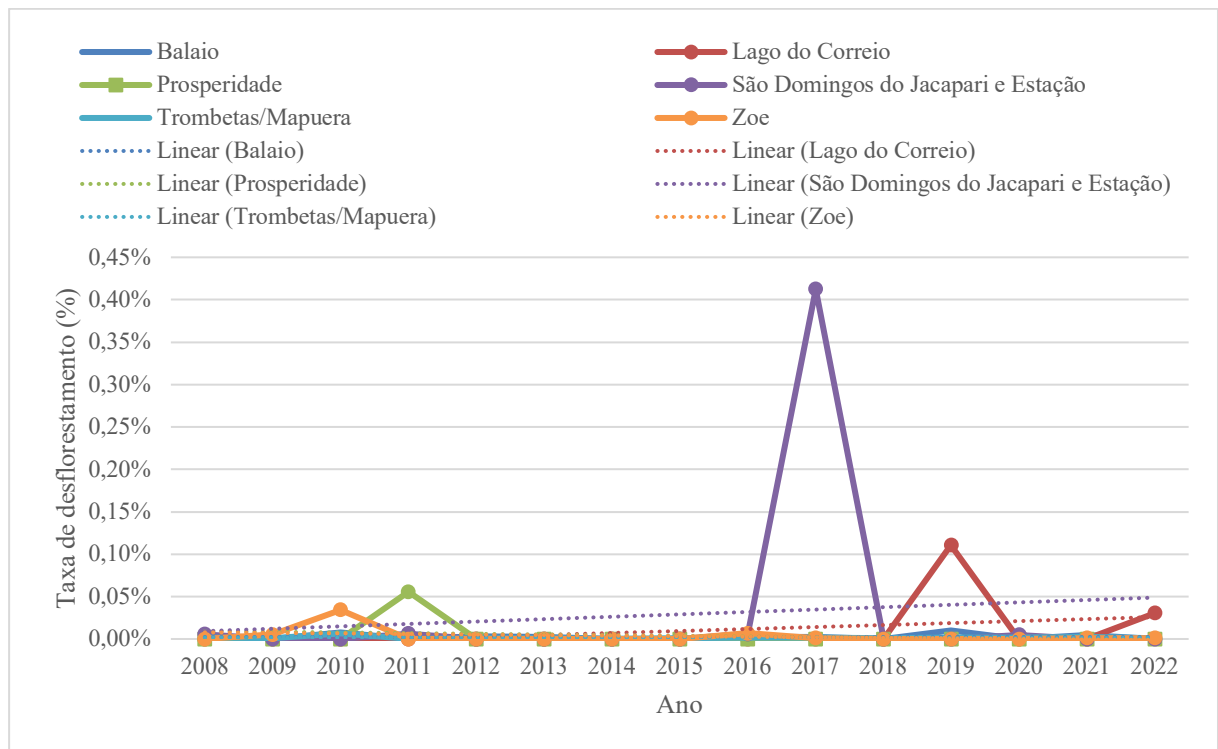
Contudo, é importante notar que, no período pós-homologação, ainda existem *outliers* com taxas de desflorestamento elevadas, o que demonstra a presença de áreas onde a proteção ambiental pode não estar sendo efetiva. Como podemos ver, as variações das taxas de desflorestamento na Figura 12, com linhas de tendência crescente após o período de homologação indicando que mesmo que as taxas de desflorestamento não caíram.

Figura 11 - Gráfico boxplot das taxas de desflorestamento da TIs homologadas em 2009.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Figura 12 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2009.



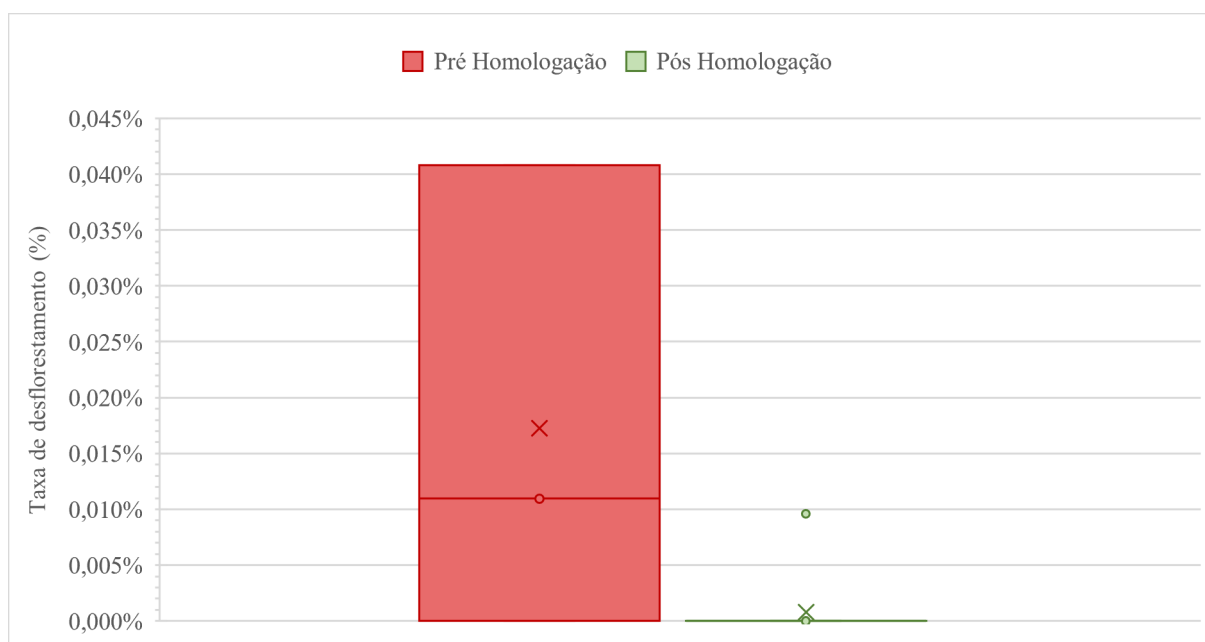
FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

4.2.2 TI Homologada em 2010

A única TI homologada em 2010 foi a Apurinã do Igarapé Mucuí. Ela foi homologada em 31 de dezembro de 2010, quase no início de 2011. Ela abrange uma área de 733 km² e fica localizada no estado da Amazonas.

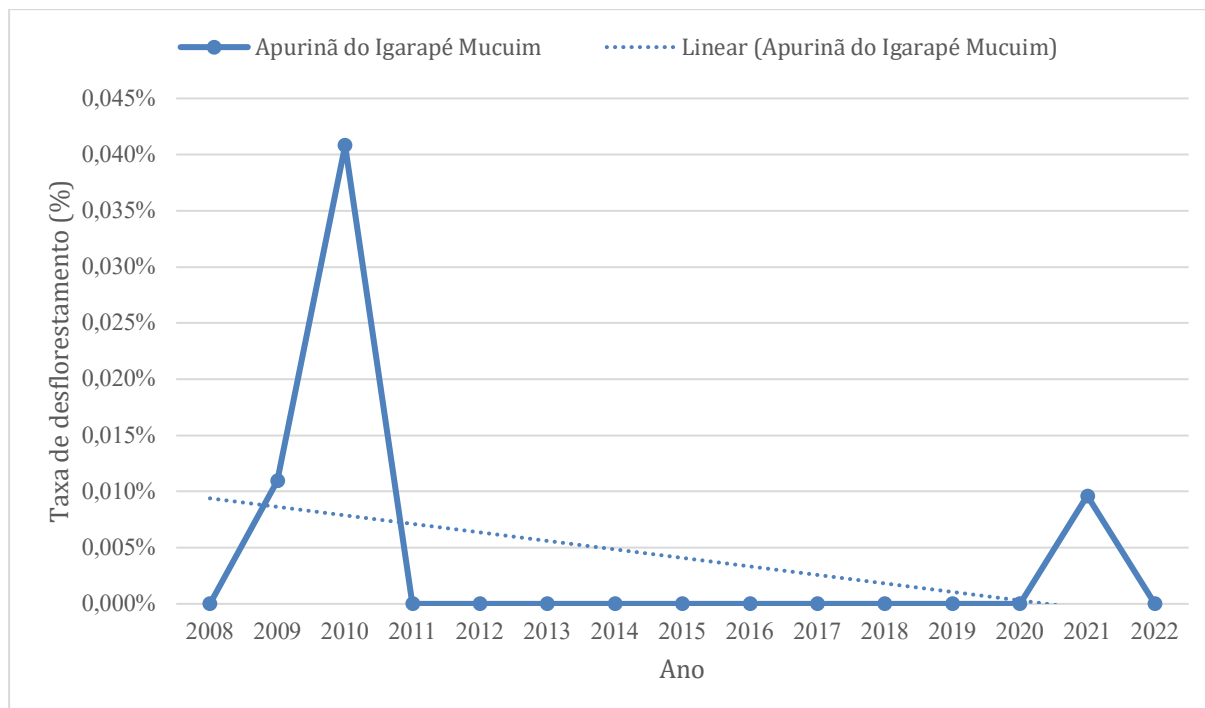
Como podemos observar na Figura 13, a diferença é evidente, no período anterior à homologação, houve taxas baixas de desflorestamento, enquanto após a homologação, isso não se repetiu, o desflorestamento foi zero ou próximo a zero, apenas com um *outlier*. Como podemos ver no gráfico de tendência na Figura 14, a linha de tendência das taxas de desflorestamento tende a diminuir. Isso ilustra uma influência da homologação na redução do desflorestamento para essa TI. Porém podemos ver que em 2021 houve um desflorestamento de aproximadamente 0,01%, o que mostra a importância de políticas contínuas que preservam essas TI além da homologação.

Figura 13 - Gráfico boxplot das Taxas de desflorestamento da TIs Homologadas em 2010.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Figura 14 – Gráfico da linha de tendência das taxas de desflorestamento por ano da TI Apurinã do Igarapé Mucuí.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

4.2.3 TIs Homologadas em 2011

As TIs homologadas no ano de 2011 estão listadas na Tabela 6Tabela 7. É importante observar que a TI Saruá se destaca devido à sua maior área territorial em comparação à TI Barro Alto.

Tabela 7 - TIs Homologadas no ano 2011.

TIs	Ano	Área (km²)
Barro Alto	19/04/11	19,37
Sarauá	19/04/11	186,10

Fonte: FUNAI (2023).

Na

Figura 15 é perceptível que as taxas de desflorestamento foram notavelmente altas com desflorestamento chegando 3,5%. Antes da homologação, a média das taxas de desflorestamento era de aproximadamente 1%, destacando um cenário de impacto considerável.

Um ponto relevante é que o primeiro quartil (1Q) dos dois períodos apresentaram taxas de desflorestamento na marca de zero, o que indica que 25% dos dados exibiam taxas de desflorestamento baixas também.

No entanto, a variabilidade das taxas de desflorestamento, a média representada pelo símbolo "x" no gráfico e a mediana mostram-se substancialmente maior no período pré-homologação em comparação com o período pós-homologação. Isso sugere uma amplitude considerável nas taxas de desflorestamento no período pré-homologação, com uma tendência na redução após a homologação.

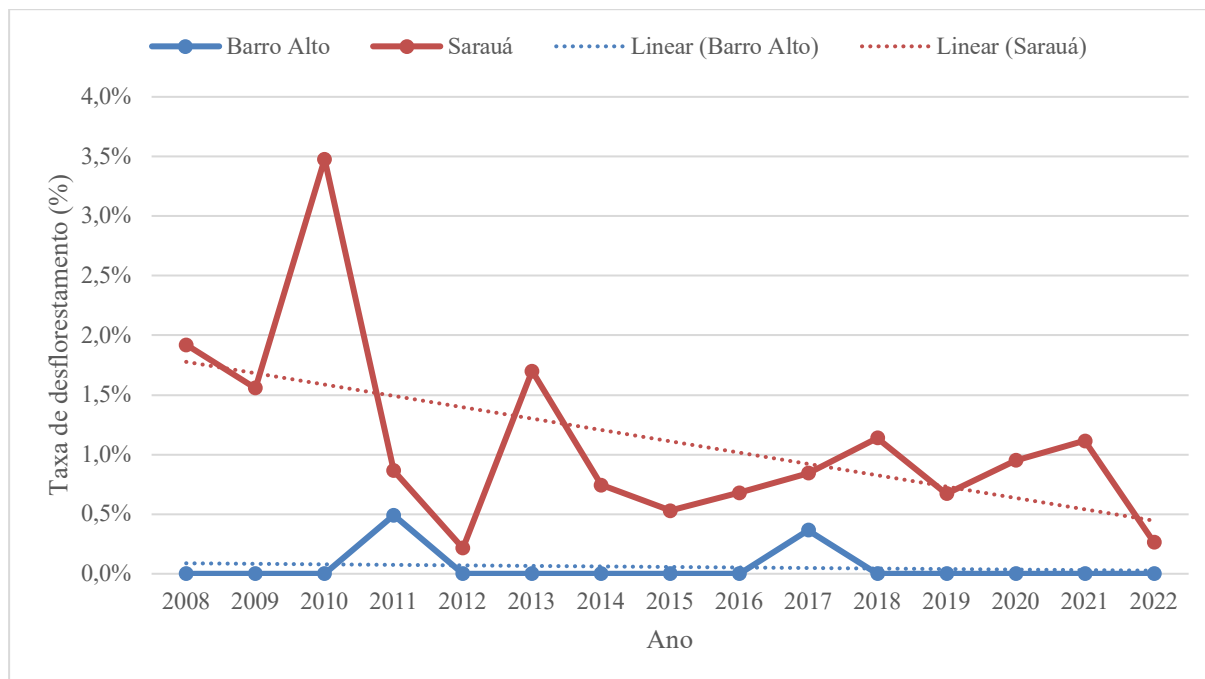
Figura 15 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TIs Homologadas em 2011.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Foi criado um gráfico para visualizar as linhas de tendência das taxas de desflorestamento. Observa-se na Figura 16 que ambas as linhas tendem a diminuir ao longo do período analisado. No entanto, é perceptível uma maior variabilidade nos dados de desflorestamento em Saruá, indicando uma possível ausência de políticas eficazes no controle do desflorestamento após a homologação dessa região.

Figura 16 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2011.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

4.2.4 TIs Homologadas em 2012

As TIs homologadas no ano estão detalhadas na Tabela 8. É relevante destacar que a TI Tenharim Marmelos (Gleba B) se destaca devido à sua extensão territorial. Além disso, é importante ressaltar que as TIs Riozinho do Alto Envira e Xipaya também abrangem áreas significativas.

Tabela 8 - TIs Homologadas no ano 2012.

TIs	Ano	Área (km²)
Matintin	05/06/12	217,60
Riozinho do Alto Envira	05/06/12	2.609,72
Tenharim Marmelos (Gleba B)	05/06/12	4.747,43
Xipaya	05/06/12	1.787,23

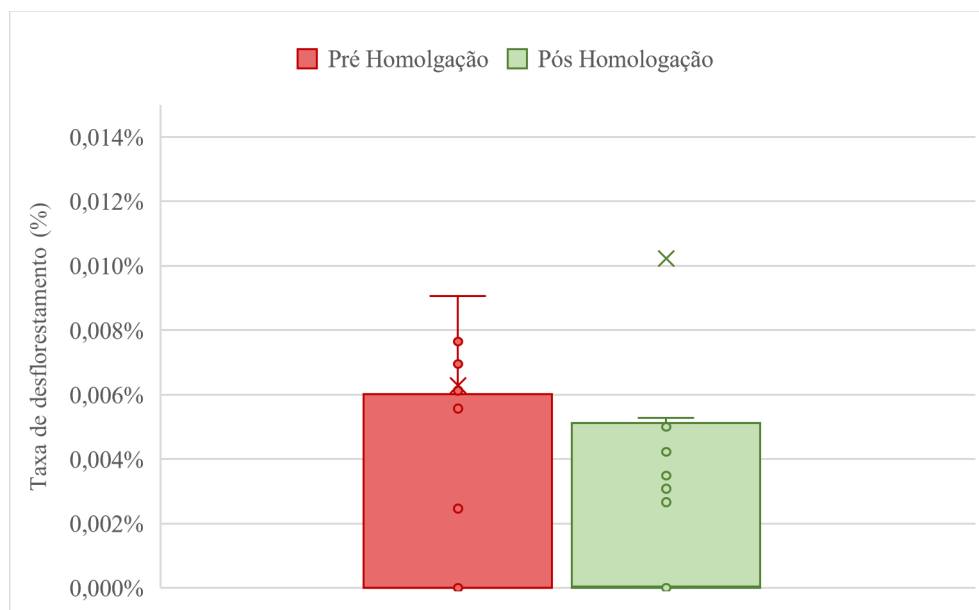
Fonte: FUNAI (2023).

Na análise do desflorestamento, utilizaremos dois tipos de gráficos: um gráfico de linhas e o já mencionado gráfico de boxplot. Como ilustrado na Figura 17, é notável que o primeiro quartil (1Q) de ambos os períodos se apresenta com uma taxa de desflorestamento de 0%, o que indica que houve uma incidência baixa de desflorestamento.

Além disso, é importante observar que o terceiro quartil (3Q) do período anterior à homologação é maior do que o do período posterior à homologação, sugerindo uma taxa de desflorestamento um pouco mais elevada no primeiro caso. É possível perceber no gráfico que a média da taxa de desflorestamento no período pós homologação se apresentou maior que o período pré-homologação, sendo assim, para uma análise mais precisa, foram excluídos os valores atípicos (*ouliers*), e foram feito o gráfico das linha de tendência mostrado na Figura 18, Fica evidente que após o ano de 2019, houve um aumento acentuado nas taxas de desflorestamento nas TIs Tenharim Marmelos e Xipaya, evidenciando aumento no desflorestamento médio.

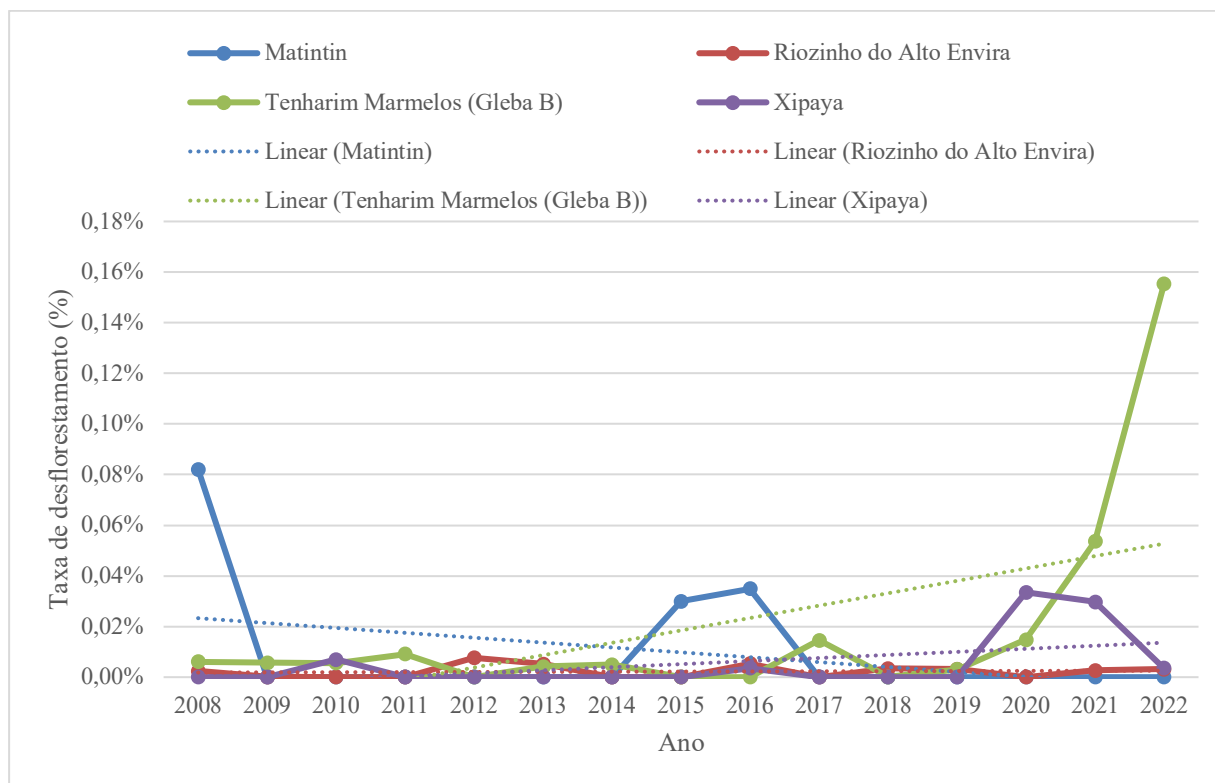
Apesar dessas intercorrências, é possível notar que, após a homologação, as taxas de desflorestamento diminuíram pouco ou quase nada, sugerindo que as medidas de proteção territorial e a homologação tiveram pouco impacto.

Figura 17 - Gráfico boxplot das taxas de desflorestamento da TIs homologadas em 2012.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Figura 18 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2012.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

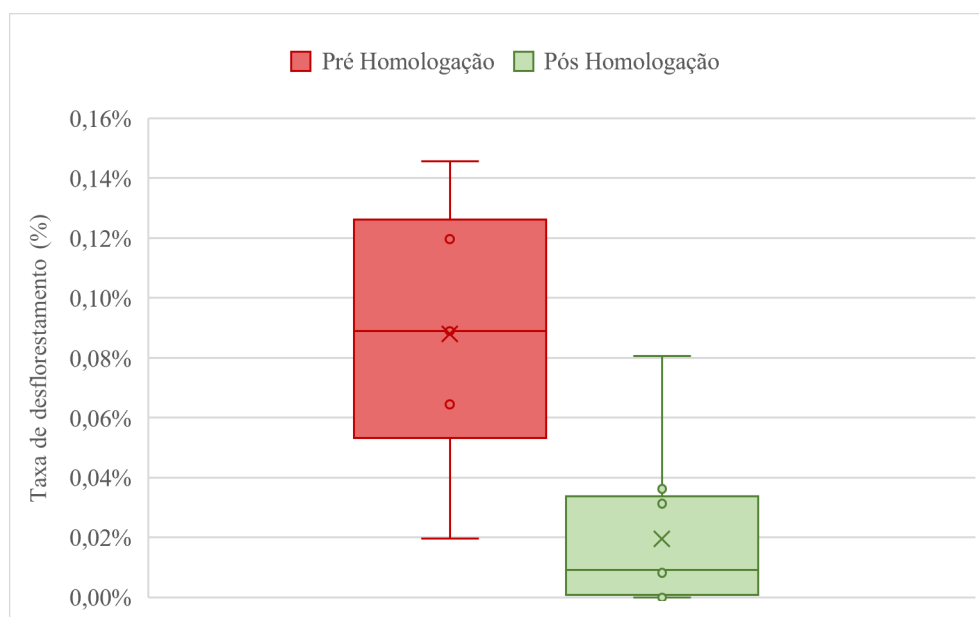
4.2.5 TI Homologada em 2013

A TI homologada em 2013 foi apenas a Kayabi, ela foi homologada em 24 de abril de 2013. Ela abrange uma área de 10.532,58 km².

Para realizar a análise comparativa dos dois períodos, foram criados dois gráficos: um gráfico de boxplot e um gráfico tendência. Por meio da Figura 19, torna-se evidente que o primeiro quartil (1Q) do período pré-homologação está acima do período pós-homologação.

A análise das médias e da variabilidade dos resultados também é esclarecedora. No período pré-homologação, as taxas de desflorestamento eram maiores em comparação com o período posterior à homologação. Embora ainda haja desflorestamento no período pós-homologação, é possível observar uma redução, por meio das médias, medianas, dos máximos e mínimos do gráfico.

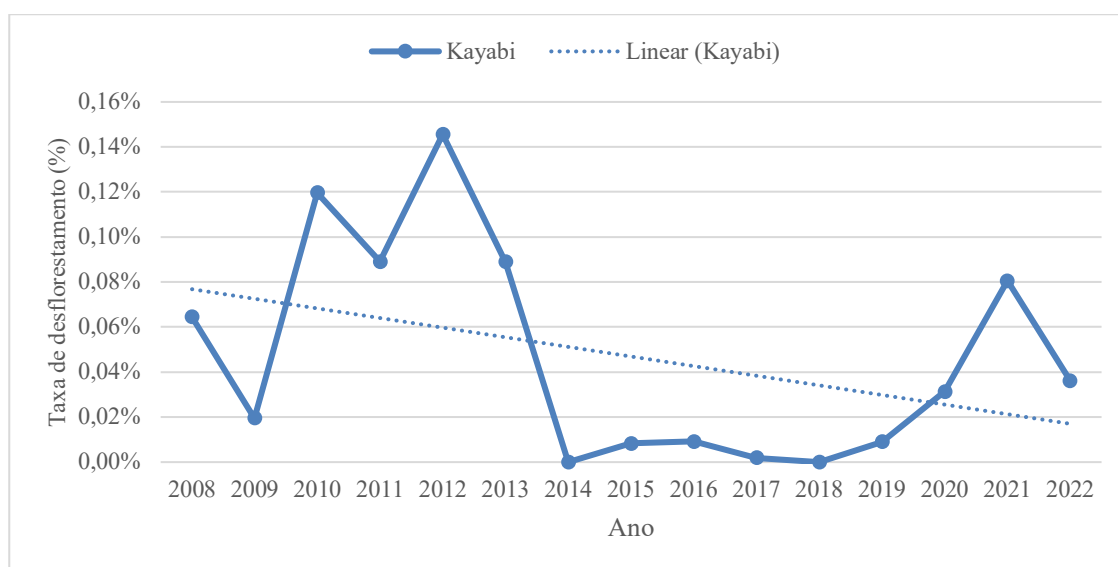
Figura 19 - Gráfico box-plot das Taxas de Desflorestamento da TI Homologada em 2013.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Contudo, como podemos observar na Figura 20, é fundamental destacar que após 2013, ocorreu uma queda abrupta nas taxas de desflorestamento. No entanto, em 2019, ano em que o houve troca de governo e alteração na política ambiental, houve um aumento notável nas médias das taxas de desflorestamento.

Figura 20 - Gráfico da linha de tendência das taxas de desflorestamento por ano da TI Kayabi



FONTE: INPE e FUNAI (2023).

4.2.6 TIs Homologadas em 2015

As TIs homologadas no ano de 2015 estão detalhadas na Tabela 9. É relevante destacar que a TI Mapari se destaca devido à sua maior extensão territorial dentre as TIs estudadas nesse período.

Tabela 9 - TIs Homologadas no ano 2015.

TI's	Ano	Área(km²)
Arara da Volta Grande do Xingu	17/04/15	255,24
Arary	17/12/15	405,49
Cajuhiri Atravessado	17/12/15	124,56
Mapari	17/04/15	1.572,46
Setemã	17/04/15	497,73

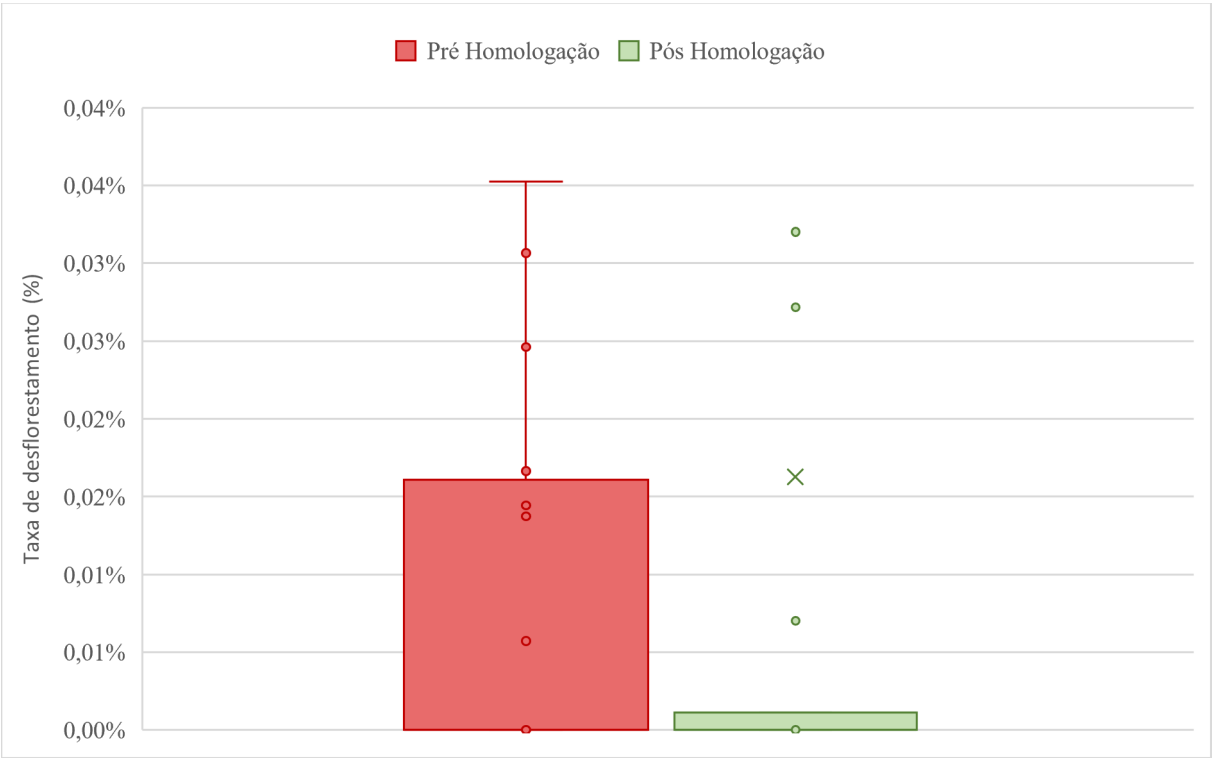
Fonte: FUNAI (2023).

Como podemos observar no gráfico de boxplot apresentado na Figura 21, referente aos períodos pré e pós-homologação, fica evidente que o primeiro quartil (1Q) de ambos os períodos se encontra na marca de 0% de desflorestamento. Por outro lado, o terceiro quartil (3Q) no período pré-homologação está entre 0,01% e 0,02% de desflorestamento, enquanto no período pós-homologação, esse valor se aproxima de zero, indicando uma variabilidade significativamente menor em comparação ao período anterior à homologação.

Apesar da presença de *outliers* com valores consideravelmente elevados, o gráfico revela uma tendência de diminuição das taxas de desflorestamento após a homologação. Além disso, é importante notar que as médias no período pré-homologação são significativamente mais altas do que no período pós-homologação, o que reforça a tendência de uma redução do desflorestamento após a homologação das TIs.

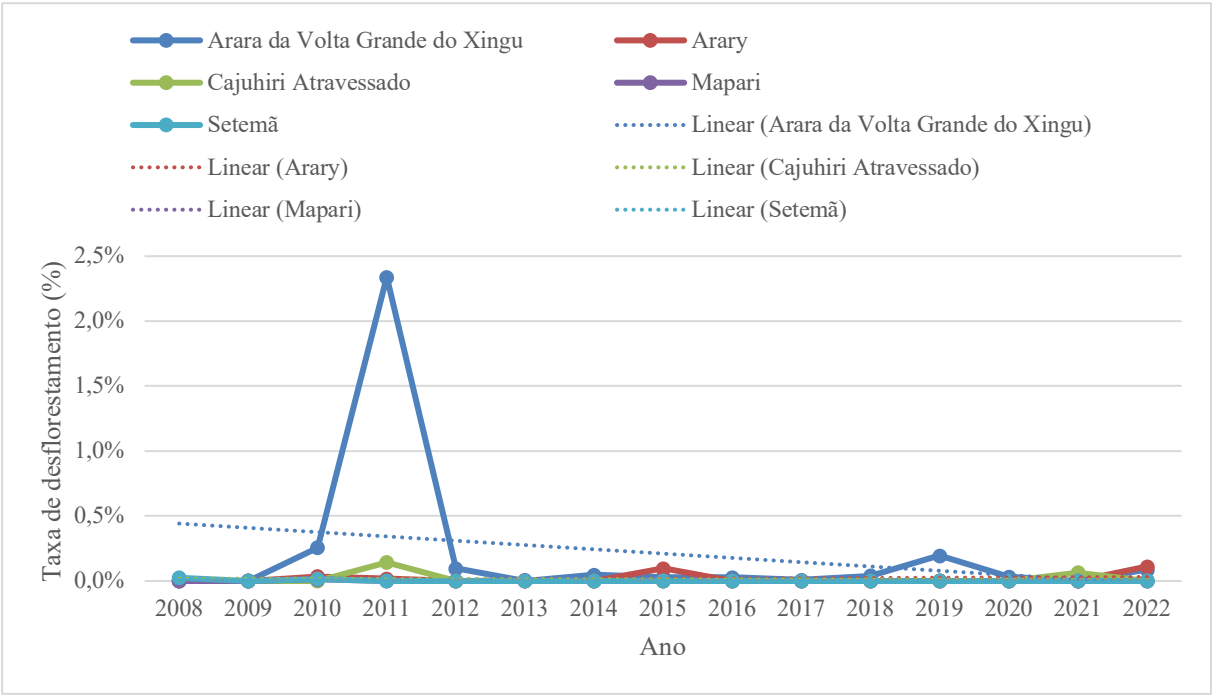
Para melhorar a análise, foram criados gráficos apresentando as linhas de tendência das taxas de desflorestamento. Na Figura 22, podemos ver uma das linhas demonstra claramente uma redução no desflorestamento ao longo do tempo. Por outro lado, as demais linhas permanecem estáveis, mantendo-se em torno de aproximadamente 0%, o que indica uma baixa taxa de desflorestamento nessas TIs.

Figura 21 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TIs Homologadas em 2015.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Figura 22 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2015.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

4.2.7 TIs Homologadas em 2016

As TIs homologadas no ano de 2016 estão detalhadas na Tabela 10. É relevante destacar que a TI Cachoeira Seca se destaca devido à sua maior extensão territorial.

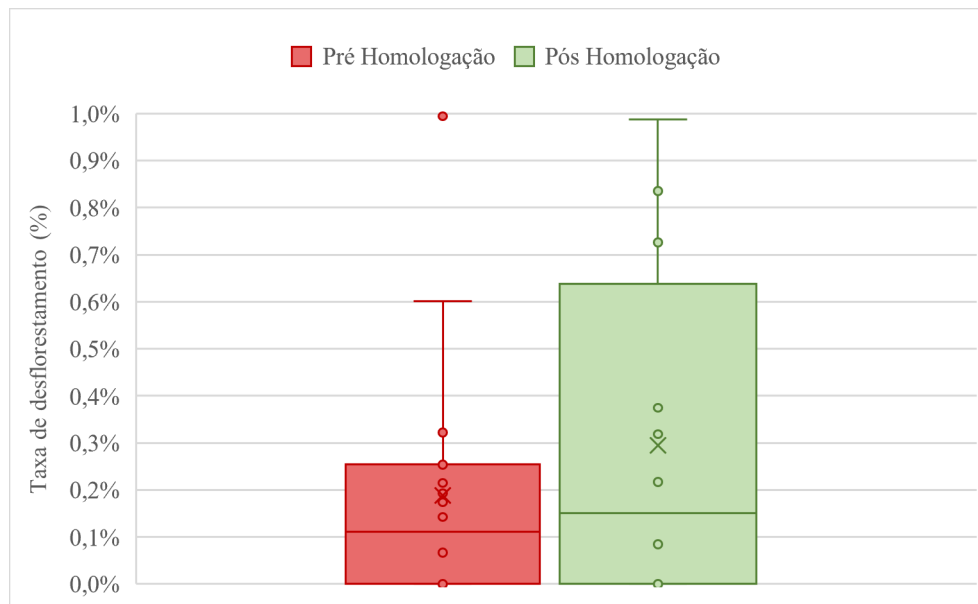
Tabela 10 – TIs Homologadas no ano de 2016

TI's	Ano	Área (km ²)
Cachoeira Seca	04/04/16	7.336,88
Pequizal do Naruvôtu	29/04/16	278,79

Fonte: FUNAI (2023).

Conforme podemos observar no gráfico de boxplot apresentado na Figura 23, ambos os períodos exibem o primeiro quartil (1Q) com taxas de desflorestamento iguais a zero. No entanto, o terceiro quartil (3Q) no período pós-homologação varia entre 0,6% e 0,7% de desflorestamento, enquanto no período pré-homologação, esse valor se situa entre 0,2% e 0,3% de desflorestamento. Além disso, a média das taxas de desflorestamento no período pós-homologação é superior à do período anterior, o que sugere que não houve uma diminuição nas taxas de desflorestamento após a homologação.

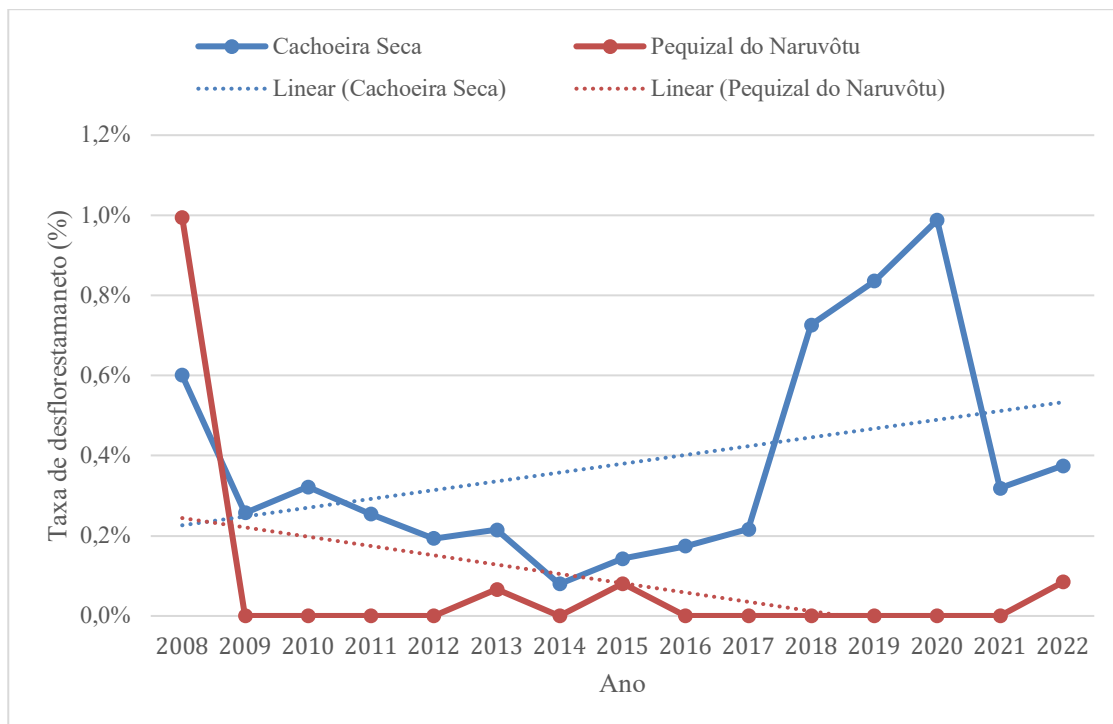
Figura 23 - Gráfico boxplot das Taxas de Desflorestamento da TI Homologada em 2015.



FONTE: INPE (2022) e FUNAI (2023).

Para uma interpretação mais aprofundada dos resultados, foi criado um gráfico de linhas que representa as taxas de desflorestamento nas TIs ao longo dos anos. Como podemos observar na Figura 24, a taxa de desflorestamento na TI Cachoeira Seca aumentou significativamente no período entre 2018 a 2022. Esse aumento no desflorestamento sugere uma falta de controle eficaz das políticas públicas de conservação ambiental nesses períodos.

Figura 24 - Gráfico de linhas de tendência das taxas de desflorestamento por ano das TIs Homologadas em 2016



FONTE: INPE e FUNAI (2023).

4.2.8 TI Homologada em 2018

Apenas a TI Baía dos Guató foi homologada em 2018, no dia 26 de abril. A TI abrange uma área de 192,17 km².

Para o ano de homologação de 2018, não houve registro significativo de impactos ambientais que permitissem comparações entre os períodos pré e pós-homologação. No entanto, é relevante destacar que a ausência de tais impactos nesse ano ressalta a importância dessas TIs na preservação ambiental, destacando seu papel crucial na conservação da natureza.

5 CONCLUSÃO

Após uma análise abrangente das TIs e seus registros de taxas de desflorestamento, importantes conclusões podem ser extraídas sobre o impacto da homologação, as variações temporais e as discrepâncias entre as diferentes TIs.

As taxas de desflorestamento apresentam considerável variação entre diferentes TIs. Enquanto algumas áreas registram taxas muito baixas, outras enfrentam níveis mais elevados de desflorestamento.

É notável que, independentemente da homologação, as TIs exibem indicadores muito melhores do que terras privadas e, talvez até mesmo do que Unidades de Conservação (UCs). As TIs desempenham um papel crucial na preservação da biodiversidade e na contenção do desflorestamento na região, apresentando taxas consideravelmente mais baixas. No entanto, é importante salientar que a homologação em si não é o fator determinante para um controle mais eficaz do desflorestamento, pois os valores estão intimamente ligados à gestão das políticas ambientais.

A conservação das TIs e a contenção do desflorestamento são esforços contínuos que demandam políticas públicas eficazes e a cooperação de diversas partes interessadas. Garantir a preservação de áreas de valor ambiental e cultural significativo requer um compromisso constante com estratégias que promovam a sustentabilidade e a proteção desses territórios.

6 REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. V. S. Evolução histórica dos direitos indígenas. 2015. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/35348/evolucao-historica-dos-direitos-indigenas>. Acesso em: 21 mai. 2023.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.

BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Clarendon Press, 1986. p. 193.

BRASIL. Decreto n. 7.747 de junho de 2012. Institui a Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de TIs – PNGATI. Brasília, DF, jun. 2012. Disponível em: <http://cggamgati.funai.gov.br/index.php/pngati/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; MEDEIROS, José Simeão. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2004.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. *Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral*. Divisão de Processamento de Imagens - DPI, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2002.

Conselho Indigenista Missionário (CIMI). TIs. [Online]. Disponível em: <https://cimi.org.br/terras-indigenas/>. Acesso em: 22 de maio de 2023

CORREIA, M. R. D.; BATISTA, D. C. L.; ARAUJO, R. L. C. de. Monitoramento do desflorestamento nas TIs do sul do Amazonas: uma abordagem entre a vetorização manual e a classificação automática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15, 2011. Curitiba: INPE, 2011. p. 2920.

DAMBRÓS, Cristiane. Contexto histórico e institucional na demarcação de terras indígenas no Brasil. *Revista NERA – Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária, Presidente Prudente*, v. 22, n. 48, p. 174-179, 2019.

DONHA, A. G. et al. Determinação da Fragilidade Ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 01, p. 175 – 181, 2006.

FERREIRA, A. L. de S.; PASA, M. C. Use of geotechnology in deforestation monitoring in the Pantanal Mato-grossense. *Advances in Forestry Science*, v. 2, n. 2, p. 41-47, 2015.

FLORIANI, D. Questão Ambiental na Contemporaneidade: conflitos socioambientais, garantias constitucionais e a efetividade das políticas públicas em debate. *Revista de Políticas Públicas*, v. 24, n. 2, p. 281-301, 2020.

FUNAI. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br>. Acesso em: 20 jul. 2023.

KRENAK, Ailton. Ideias para adiar o fim do mundo. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.

Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). Caderno de estudo: Introdução à geotecnologia. Rio de Janeiro: IBAM, 2015. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/IBAM-Introducao-Geotecnologia-caderno-estudo.pdf>. Acesso em: 24 maio 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estrutura Territorial. [Online]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial.html>. Acesso em: 25 abr. 2023.

Instituto Socioambiental (ISA). TIs no Brasil. [Online]. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/brasil>. Acesso em: 22 maio 2023.

INPE. TerraBrasilis – Plataforma de dados geográficos. 2022. Disponível em: <http://terrabilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 05 jun. 2023.

INPE. Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite. 2022. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 10 ago. 2023.

INPE. Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite. 2019. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf. Acesso em: 23 jul. 2023.

LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. A. Desflorestamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento e Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 1, p. 98-108, 2011.

LILLESAND, Thomas M.; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan W. Remote sensing and image interpretation. 7. ed. Estados Unidos: Wiley, 2015.

MARCELINO, G.L.S.; MENGUE, V.P.; FARIA, C.S. Análise multitemporal e mudanças no uso e cobertura do solo: um olhar para as TIs no Mato Grosso. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 39, n. 3, p. 145-164, 2022.

MapBiomas. TIs contribuem para a preservação das florestas. Disponível em: <https://mapbiomas.org/terras-indigenas-contribuem-para-a-preservacao-das-florestas>. Acesso em: 13 maio 2023.

NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. *Conservation Biology*, v. 20, p. 65-73, 2006.

NOLTE; AGRAWAL; SILVIUS; SOARES FILHO. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, v. 110, n. 13, p. 4956-4961, 2013.

PINHEIRO, João Ismael D. et al. Estatística Básica: A Arte de Trabalhar com Dados. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

RAISG. Amazônia Sob Pressão. 2020. 68 páginas. Disponível em: <http://www.amazoniasocioambiental.org>. Acesso em: 06 abr. 2023.

RAWORTH, K. Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo. Rio de Janeiro: Zahar, 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia, n. 16, p. 81-90, 2011.

RYAN, Thomas. Estatística moderna para engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

SANTOS JÚNIOR, Valdevino José dos; FERNANDES, Fernando Hiago Souza. Uso do geoprocessamento no monitoramento da cobertura vegetal da Terra Indígena dos Xakriabá, no norte do estado de Minas Gerais. In: Anais do I Congresso Brasileiro de Geografia Política, Geopolítica e Gestão do Território, 2014, Rio de Janeiro. Porto Alegre: Editora Letra; Rio de Janeiro, p. 484-493, 2014.

SANTOS, P. H. C., LIMA, E. S., VELOSO, G. A. Dinâmica do desflorestamento na terra indígena Apyterewa (Pará-Brasil) mediante a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto. Boletim Paranaense de Geociências, v. 80, n.1, p. 114-128, 2022.

SHUBART, Herbert Otto Roger, 1983. Ecologia e utilização das florestas. In. Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. São Paulo: Brasiliense, 1983.

SILVA, G.; PUREZA, M. G. B. A Demarcação de TIs na AL. Revista NUPEM, v. 11, n. 22, p 45- 53, 2019.

TURÍBIO, Luiz; ALVES VELOSO, Gabriel; LOBATO, Mateus. Análise do índice de desflorestamento das Terras Indígenas Paquiçamba e Arara da Volta Grande do Xingu, da Área Diretamente Afetada pela UHE Belo Monte entre os anos de 2000 e 2020. Universidade e Meio Ambiente, v. 7, n. 2, p. 30-44, 2022.