



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**ALBERTINO MONTEIRO NETO**

**DANOS SOCIOAMBIENTAIS DA DENDEICULTURA NA MICRORREGIÃO DE  
TOMÉ-AÇU, PA**

**BELÉM-PA  
2024**

ALBERTINO MONTEIRO NETO

DANOS SOCIOAMBIENTAIS DA DENDEICULTURA NA MICRORREGIÃO DE  
TOMÉ-AÇU, PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Socioambiental.

Orientador: Dr. João Santos Nahum

Belém-Pará  
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

M772d Monteiro Neto, Albertino.  
Danos socioambientais da dendeicultura na microrregião de  
Tomé-Açu, PA. / Albertino Monteiro Neto. — 2024.  
109 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João Santos Nahum  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais, Belém, 2024.

1. Engenharia ambiental. 2. Sensoriamento remoto. 3.  
Sustentabilidade. 4. Comunidades agrícolas. 5. Impacto  
Ambiental. I. Título.

---

CDD 620.8

ALBERTINO MONTEIRO NETO

DANOS SOCIOAMBIENTAIS DA DENDEICULTURA NA MICRORREGIÃO DE  
TOMÉ-AÇU, PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmica Socioambiental.

Data da defesa: 29/04/2024

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

JOAO SANTOS NAHUM

Data: 01/07/2024 13:45:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>o</sup>. João Santos Nahum – Orientador

Doutor em Geografia

Universidade Federal do Pará

---

Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup> Aline Maria Meiguins de Lima – Membro interno

Doutora em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido Universidade Federal do Pará



Documento assinado digitalmente

CLAUDIO MOISES SANTOS E SILVA

Data: 26/06/2024 11:06:31-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>o</sup>. Cláudio Moisés Santos e Silva – Membro externo

Doutor em Meteorologia

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof<sup>o</sup>. André Luís Assunção de Farias – Membro interno

Doutor em Desenvolvimento Socioambiental

Universidade Federal do Pará

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família pelo suporte integral e por acreditar em mim durante todo a caminhada.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. João Santos Nahum pelos ensinamentos, momentos, conversas, campos e paciência durante essa jornada no mestrado.

Agradeço aos professores do PPGCA pelos conhecimentos extremamente valioso que contribuíram grandemente para minha formação.

Agradeço ao projeto “*Geological resources and sustainable development - learning to live in a finite world*”, em especial à Aurora Machado Garcia, coordenadora do projeto, responsável por proporcionar um dos períodos mais inesquecíveis da minha vida durante o intercâmbio na Universidade de Oslo.

À Universidade Federal do Pará, a qual admiro grandemente e que foi minha segunda casa durante 2 anos.

À Universidade de Oslo, pela experiência e conhecimento fornecidos no meu engrandecimento como pesquisador.

Ao projeto de pesquisa “Observatório do dendê: subsídios para o desenvolvimento territorial rural.”.

Agradeço aos avaliadores pela contribuição na construção desta dissertação.

Aos moradores entrevistados das comunidades do Jambuaçu e Arauaí, em especial ao seu Ricardinho e Dona Benedita.

À casa Familiar Rural do Território Quilombola do Jambuaçu.

## RESUMO

A dendeicultura é um processo espacial, fomentado por ações entre o Estado e o setor empresarial, que tornam possível a expansão do cultivo de dendezeiros na Amazônia. Como foco de pesquisa, sustentamos que a dendeicultura emerge como uma atividade central na expansão monocultora na Amazônia, trazendo uma série de danos socioambientais, especialmente na Microrregião de Tomé-Açu (MRTA). A pesquisa consiste em uma análise multifacetada, desde o contexto histórico e conjunto de leis que propiciaram a expansão dos dendezais, até a aplicação de técnicas avançadas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para detectar e compreender as mudanças na cobertura e uso da terra. Assim, o objetivo geral é compreender a expansão da dendeicultura como fonte de danos socioambientais na microrregião de Tomé-Açu, PA. Os capítulos desta dissertação foram escritos em formato de artigo científico, correspondentes aos capítulos 2, 3 e 4. A área de estudo é a Microrregião de Tomé-Açu, no nordeste paraense, e utilizamos como recorte o assentamento Arauaí e o território quilombola do Jambuaçu. A metodologia consistiu em revisão bibliográfica, classificação supervisionada de imagens de satélite e visitas de campo em comunidades impactadas pela dendeicultura. Percebemos a permanência de um discurso que promete integração econômica e social do espaço rural adaptado à dendeicultura. Não há espaço de discussão para propostas alternativas de integração econômica rural, tampouco se considera o modo de vida camponês na concepção dos projetos de integração. Técnicas de geoprocessamento demonstraram-se eficientes na identificação de dendezais e na detecção de desflorestamento associado à expansão dos monocultivos de dendezeiros. Entre 1988 e 2023, 32.322 hectares de florestas (primárias e secundárias) foram convertidas em dendezais na MRTA. Os agricultores familiares associados à cadeia produtiva encontram-se irreversivelmente vinculados à dendeicultura. Moradores do Jambuaçu sofrem com a pressão sobre o território provocados pelo cultivo industrial do dendezeiro.

**Palavras-chave:** engenharia ambiental; sensoriamento remoto; sustentabilidade; comunidades agrícolas; impacto ambiental.

## ABSTRACT

Oil palm cultivation is a spatial process fostered by actions between the State and the business sector, enabling the expansion of oil palm cultivation in the Amazon. As a research focus, we argue that oil palm cultivation emerges as a central activity in monoculture expansion in the Amazon, bringing a series of socio-environmental damages, especially in the Tomé-Açu Microrregion (MRTA). The research consists of a multifaceted analysis, from the historical context and set of laws that facilitated the expansion of oil palm plantations, to the application of advanced geoprocessing techniques and remote sensing to detect and understand changes in land cover and land use. Thus, the general objective is to understand the expansion of oil palm cultivation as a source of socio-environmental damages in the Tomé-Açu Microrregion, PA. The chapters of this dissertation were written in the format of scientific articles, corresponding to chapters 2, 3, and 4. The study area is the Tomé-Açu Microrregion, in northeastern Pará, and we used the Arauaí settlement and the Jambuaçu quilombola territory as clipped portions from the study area. The methodology consisted of literature review, supervised classification of satellite images, and field visits to communities impacted by oil palm cultivation. We perceive the persistence of the discourse promising economic and social integration of rural areas adapted to oil palm cultivation. There is no room for discussion of alternative proposals for rural economic integration, nor is the peasant way of life considered in the conception of integration projects. Geoprocessing techniques proved to be efficient in identifying oil palm plantations and detecting deforestation associated with the expansion of oil palm monocultures. Between 1988 and 2023, 32,322 hectares of forests (primary and secondary) were converted into oil palm plantations in the MRTA. Family farmers associated with the production chain are irreversibly linked to oil palm cultivation. Residents of Jambuaçu suffer from pressure on the territory caused by industrial oil palm cultivation.

**Keywords:** environmental engineering; remote sensing; sustainability; agricultural communities; environmental impact.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação do preço da tonelada do cacho de coco de dendê e do óleo de dendê, entre 2001 e 2022, em reais. ....	34
Figura 2 - Quantidade de fruto fresco colhido de dendê em toneladas, no Estado do Pará, de 1993 a 2021. ....	35
Figura 3 - O avanço dos dendezaís sobre a microrregião de Tomé-Açu, ao longo do tempo..	39
Figura 4 - Localização da área de estudo. ....	50
Figura 5 - Nível de reflectância por comprimento de onda de diferentes classes de uso e ocupação do solo. ....	51
Figura 6 - (1) Dendezeiro podado e saudável, (2) dendezeiro com folhas mortas não podadas, (3) dendezeiro com dossel alto fechado, (4) dendezeiro com dossel baixo aberto. ....	52
Figura 7 - Diferenças espectrais do dendê captadas pelo sensor OLI, do satélite LandSat-8 (1) Composição R4G3B2 (Cor real), (2) Composição R5G4B3 (falsa cor infravermelho). ....	52
Figura 8 - Processo geral de aplicação do método GEOBIA. ....	56
Figura 9 - Esquema de uma matriz de confusão comum gerada em avaliações de precisão de classificações de imagem de satélite. A diagonal da matriz representa os acertos de cada classe, quando o previsto e a referência coincidem. À direita estão as fórmulas usadas para calcular os parâmetros de avaliação de precisão. ....	56
Figura 10 - Comparação entre os modelos de classificação com maior índice kappa gerados em cada abordagem, a imagem Landsat 8 composição RGB e TerraClass 2020. ....	61
Figura 11 - Comparação das áreas de dendezaís detectadas pelas classificações GEOBIA e per-pixel com TerraClass (2020) e Mapeamento global de óleo de palma (2019).....	63
Figura 12 - Comparação das duas abordagens na detecção de danos ambientais relacionados à conversão de áreas de floresta. Para melhor percepção dos detalhes, destacamos somente uma porção da área de estudo. ....	65
Figura 13 – Localização da área de estudo.....	75
Figura 14 – Fluxograma das etapas executadas na metodologia de classificação supervisionada. ....	76
Figura 15 – Crescimento da área dos dendezaís ao longo do tempo comparado com dados TerraClass e IBGE, na MRTA. ....	78
Figura 16 – Espacialização da expansão da dendeicultura na MRTA entre 1988 e 2023.....	79
Figura 17 – Espacialização das transições de uso do solo entre 2015 e 2023, na MRTA.....	81



Figura 18 – Plantações de dendezeiros no assentamento Arauaí. ....	84
Figura 19 - Estradas de acesso à comunidade. ....	85
Figura 20 – Fluxo de caminhões escoando cacho de coco de dendê e caçambas identificados na vila do Arauaí. ....	86
Figura 21 - Padrão de lote de agricultor familiar associado à cadeia produtiva do dendê. ....	87
Figura 22 - Invasões de dendezais em Áreas de Preservação Permanente.....	88
Figura 23 – Localização do território quilombola do Jambuaçu. ....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área destinada à colheita de cacho de côco de dendê, em hectares, nas unidades federativas produtoras e no Brasil, entre 1988 e 1998. ....	31
Tabela 2 - Área, em hectares, dos dendezais na microrregião de Tomé-Açu a partir dos dados do TerraClass.....	38
Tabela 3 - Informações técnicas do produto utilizado na análise. Fonte: USGS. ....	55
Tabela 4 - Composição dos Datasets testados. ....	55
Tabela 5 - Intervalos referentes ao índice Kappa e suas respectivas qualidades.....	58
Tabela 6 - Valores de Kappa e Overall accuracy das classificações feitas entres os diferentes datasets, classificadores e abordagens. ....	58
Tabela 7 - Producer's e User's accuracy das classes obtidos em cada conjunto de datasets e algoritmos nas abordagens per-pixel e GEOBIA. ....	59
Tabela 8 - Área, em hectares, das classes de transição entre os anos de 2004 e 2022. ....	65
Tabela 9 – Área (hectares) dos dendezais detectados entre 1988 e 2023, na MRTA. ....	77
Tabela 10 – Área (em hectares) das transições de classes de uso do solo durante o período analisado. ....	80
Tabela 11 – Resultados dos questionários aplicados no Jambuaçu.....	90

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>1.1 Justificativa e interdisciplinaridade da pesquisa</b> .....	14
<b>1.2 Objetivos</b> .....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>1.3 Metodologia geral</b> .....	16
<b>1.4 Estrutura da Dissertação</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 2 ORDENAMENTO JURÍDICO E A CONSOLIDAÇÃO DA DENEICULTURA NA AMAZÔNIA</b> .....	19
<b>2.1 Introdução</b> .....	20
<b>2.2 Material e Métodos</b> .....	22
<b>2.3 Resultados e Discussão</b> .....	23
2.3.1 Período experimental (1940 – 1970) .....	23
2.3.2 Período pré-PNPB (1970 – 2004) .....	27
2.3.3 Período do PNPB (2004 – atual) .....	32
<b>2.4 Conclusão</b> .....	39
<b>CAPÍTULO 3 DETECÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS DA DENEICULTURA NA AMAZÔNIA: COMPARAÇÃO ENTRE ABORDAGENS <i>PER-PIXEL</i> E <i>PER-OBJECT</i></b> .....	46
<b>3.1 Introdução</b> .....	47
<b>3.2 Material e Métodos</b> .....	49
3.2.1 Área de Estudo .....	49
3.2.2 Características espectrais do dendezeiro .....	50
3.2.3 Índices de vegetação .....	53
3.2.4 Abordagem Per-pixel .....	54
3.2.5 GEOBIA .....	55
3.2.6 Avaliação de precisão .....	56
<b>3.3 Resultados e Discussão</b> .....	58
3.3.1 Avaliação de precisão .....	58
3.3.2 Detecção de danos ambientais .....	64
<b>3.4 Conclusão</b> .....	66

<b>CAPÍTULO 4 DESFLORESTAMENTO, DANOS SOCIOAMBIENTAIS E EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU .....</b>	<b>71</b>
<b>4.1 Introdução .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 Material e Métodos .....</b>	<b>75</b>
4.2.1 Área de estudo .....	75
4.2.2. Classificação Supervisionada .....	75
4.2.3. Questionários e entrevistas .....	77
<b>4.3 Resultados e discussão .....</b>	<b>77</b>
4.3.1 A microrregião de Tomé-Açu.....	77
4.3.2. O Arauaí .....	84
4.3.3. O Jambuaçu .....	88
<b>4.4 Conclusão .....</b>	<b>92</b>
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>96</b>
<b>5.1 Resultados Chaves: Impactos e implicações .....</b>	<b>96</b>
<b>5.2 Conclusões de forma integrada .....</b>	<b>97</b>
<b>5.3 Prioridades para pesquisas futuras .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>109</b>

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

Diversas formas de utilização do território em função da geração de renda manifestaram-se sobre a região Amazônica ao longo do tempo. Extração da borracha e madeira, atividade de pecuária, mineração, garimpo, cultivo de soja, milho, mandioca, cana de açúcar, dendê, dentre diversas outras encontraram no território amazônico um ambiente politicamente propício para se estabelecerem. Propício pois, o Estado buscava uma solução única para a Amazônia, sob um modelo que considera o meio ambiente apêndice econômico (Di Cavalcanti, 2010). O cultivo do dendezeiro encarna a solução para a Amazônia, especialmente no Nordeste Paraense, a partir de 2004, após a publicação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), sob a regência do modelo neoxtrativista (Nahum; Santos, 2015).

A dendeicultura surge na Amazônia como um modelo que reorganizou as dinâmicas territoriais e sociais para geração de capital (Nahum; Malcher, 2012). Essa planta (*Elaeis guineensis*) originária da África inicia sua história no Estado do Pará em meados do século XX. Inicialmente, o estado da Bahia liderou sua produção, mas posteriormente o polo produtor foi transferido para o nordeste paraense, especialmente à microrregião de Tomé-Açu (MRTA). Nesta região, a dendeicultura interage com diversos atores, assumindo diferentes papéis sob várias perspectivas, configurando novas relações com o território e, principalmente, com as comunidades locais.

Nesta dissertação, considera-se dendeicultura tal como conceitua Nahum, Santos L. e Santos C (2020b), como um processo espacial, fomentado por ações entre o Estado e o setor empresarial, que tornam possível a expansão do cultivo de dendezeiros na Amazônia, “modificando a paisagem, a dinâmica social e os lugares sob sua influência”. Essa cultura modifica a paisagem ao suprimir áreas de floresta e rios (Almeida; Vieira, 2014a; Benami *et al.*, 2018; Almeida; Vieira; Ferraz, 2020; Dias *et al.*, 2020); e modifica a dinâmica social ao provocar conflitos ambientais, disputas, risco a produção de alimentos, concentração de terra e a descampesinização (Farias, 2022; Nahum; Bastos, 2014; Nahum; Malcher, 2012; Santos; Farias; Lopes, 2020).

Na literatura, frequentemente se atribui à dendeicultura as designações de “impacto ambiental” ou “impactos socioambientais” (Damiani *et al.*, 2020; Sousa; Gemaque; Beltrão, 2019; Meijaard *et al.*, 2020; Nahum; Santos, 2013; Saswattecha *et al.*, 2015; Souza; Viana; Pereira Júnior, 2019). Sanchez (2020) conceitua impacto ambiental como a “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”. Já Westman (1985) atribui impacto ambiental ao “efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem”. Entretanto, termos como “alteração”, “modificação”,

“mudança” não determinam a qualidade dessas consequências. Portanto, nesta pesquisa, consideraremos as consequências da dendeicultura como “danos socioambientais”.

Consideramos o conceito de danos socioambientais alicerçado sob a visão da ecologia política, a qual “aborda o território em função das relações de poder e das práticas socioespaciais dos atores sociais” (Jatobá; Cidade; Vargas, 2009). Nela, os diferentes atores com capacidades desiguais de poder e decisão, com motivações e interesses distintos interagem, repassando o ônus das atividades à parcela menos favorecida (Alier; Jusmet, 2000).

Assim, como foco de pesquisa, sustentamos que a dendeicultura emerge como uma atividade central na expansão monocultora na Amazônia, trazendo uma série de danos socioambientais (Almeida; Vieira, 2014a; Backhouse, 2013; Benami *et al.*, 2018; Damiani *et al.*, 2020; de Almeida; Vieira; Ferraz, 2020; Sousa; Gemaque; Beltrão, 2019; Farias, 2022; Nahum; Bastos, 2014; Nahum; Santos L.; Santos C., 2020a; Santos; Farias; Lopes, 2020; Nahum; Santos, 2018; Sousa; Macedo, 2019; Yui; Yeh, 2013). Por danos socioambientais associados à dendeicultura, nesta pesquisa de mestrado, consideramos a conversão de florestas primárias e secundárias, geração de conflitos, perda de práticas e costumes tradicionais e a influência sobre o modo de vida em comunidades rurais.

Este trabalho procura investigar os danos socioambientais descritos acima, tendo como situação empírica a microrregião de Tomé-Açu, no nordeste paraense. A pesquisa consiste em uma análise multifacetada, desde o contexto histórico e conjunto de leis que propiciaram a expansão dos dendezais, até a aplicação de técnicas avançadas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para detectar e compreender as mudanças na cobertura e uso da terra.

A parte inicial, que consiste no contexto de formação da dendeicultura, será mostrada no segundo capítulo, onde expomos como as leis e a criação de programas como o PNPB e o Zoneamento Agroecológico da Palma de óleo (ZAE – dendê) possibilitaram a expansão dos dendezais na MRTA. A partir de uma análise histórica, nos aprofundaremos no contexto de formação da dendeicultura na Amazônia, identificando os momentos de continuidades e rupturas que levaram ao seu estabelecimento.

No capítulo 3, o uso de tecnologias e diferentes técnicas de geoprocessamento são aplicadas na identificação de dendezais e detecção de danos ambientais relacionados à conversão de floresta no processo de expansão da dendeicultura, onde 91,6% dos métodos aplicados demonstraram-se muito bons nessa tarefa. Este capítulo representa a parte mais técnica da dissertação, onde aplicamos a classificação supervisionada de imagens de satélite, e testamos a performance entre abordagens por pixel e por objeto, combinando diferentes conjuntos de bandas e índices de vegetação.

No quarto capítulo, buscaremos compreender os danos socioambientais causados a partir da ocupação dos dendezaís no território. Este capítulo é o cerne desta dissertação, onde abordagens sociais e tecnológicas dialogam para o entendimento sobre como a expansão dos dendezaís provocam danos socioambientais em comunidades rurais da MRTA. Aqui, é feita a análise de detecção de mudanças de uso e ocupação do solo focada na expansão de dendezaís, a partir de classificação supervisionada por objetos. Como forma complementar, mas de igual valor metodológico, este capítulo foi subsidiado por trabalhos de campo no território quilombola do Jambuaçu e no assentamento Arauaí, onde aplicamos questionários, entrevistas, observamos e nos envolvemos com os moradores. Perspectivas da vila Arauaí e do território quilombola do Jambuaçu serão expostas a uma análise profunda sobre a forma antagônica em que essas comunidades foram transformadas pela dendeicultura.

Atualmente, as empresas Agropalma, Marborges, Belém Bioenergia Brasil (BBB) e Biopalma atuam na região, e integram a agricultura familiar a sua cadeia produtiva. Essa ação é fruto de políticas estatais de integração rural, onde a partir delas reafirma-se a subversão do território para os interesses do capital e da mão de obra camponesa (Nahum; Santos, 2018). Veremos adiante (Capítulo 4) que não há somente uma forma de imposição territorial da dendeicultura, ela também ocorre de maneira consensual, transformando intensivamente a vida e as relações entre membros de comunidades.

Por fim, entendemos a dendeicultura como uma forma de domínio territorial que objetiva a reprodução do capital. Ela se estrutura pela associação entre Estado e empresas dendeicultoras. O papel do Estado é fomentar o fortalecimento, diversificação e expansão da cadeia produtiva do dendê através de mecanismos como o PNPB, o ZAE – dendê e o Programa de Produção Sustentável do Óleo de Palma (PSOP), enquanto que a empresa materializa no uso da terra as plantações, infraestrutura, força de trabalho e a renda (trataremos desse aspecto no capítulo 2). Assim, o problema central de pesquisa pode ser sintetizado na seguinte pergunta norteadora: como os danos socioambientais causados pela dendeicultura impactam a microrregião de Tomé-Açu?

### **1.1 Justificativa e interdisciplinaridade da pesquisa**

A microrregião de Tomé-Açu é polo produtor de dendê, além de representar a maior lavoura permanente de todo o estado do Pará, representando 94% da produção nacional. Os dados divulgados pela ZAE colocaram a MRTA como a região mais promissora do mundo para a expansão de plantações da palma. Seu monitoramento regular e permanente é necessário frente ao seu potencial causador de danos socioambientais, considerando que é uma cultura em

expansão. Este estudo é concebido a partir de uma perspectiva histórica e geográfica que busca compreender a expansão da dendeicultura, utilizando imagens de sensoriamento remoto (especificamente LandSat 5 e 8) e técnicas de geoprocessamento (classificação supervisionada e GEOBIA processadas em linguagem de computação Java API em Google Earth Engine) para mostrar como essa expansão causou danos socioambientais. Essa abordagem está em consonância com os trabalhos dos autores (Benami *et al.*, 2018; Almeida; Vieira; Ferraz, 2020; Lee *et al.*, 2016; Nahum; Santos, 2013).

Ressalta-se que esta pesquisa está alinhada com o viés interdisciplinar proposto no estudo das ciências ambientais. Buscou-se aplicar uma metodologia multidisciplinar, integrando tecnologia (representada pelo uso de dados de sensoriamento remoto, técnicas de geoprocessamento e linguagem computacional) com a análise social (representada por pesquisas de campo, questionários, entrevistas, observações).

A primeira parte da metodologia consistiu em uma profunda revisão bibliográfica, estando presente no segundo capítulo, onde foram abordados aspectos históricos da consolidação da dendeicultura na MRTA. Após a revisão de literatura, técnicas avançadas de geoprocessamento e diferentes abordagens foram testadas na identificação e detecção de danos ambientais referentes à conversão de florestas primárias e secundárias. Esse aspecto mais técnico é encontrado no capítulo 3. Por fim, combinamos resultados de entrevistas e questionários realizados em visitas de campo, com as técnicas de geoprocessamento conduzidas no capítulo 3 na compreensão da relação entre as mudanças provocadas pela expansão da dendeicultura no uso do solo e os danos socioambientais provocados em comunidades rurais da MRTA. Esta última análise é retratada no capítulo 4.

Esta dissertação integra o Observatório do dendê, relevante grupo de estudos que busca ampliar o conhecimento sobre a dinâmica da dendeicultura na microrregião de Tomé-açu<sup>1</sup>.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Compreender a expansão da dendeicultura como fonte de danos socioambientais na microrregião de Tomé-Açu, PA.

---

<sup>1</sup><https://www.observatoriododende.org/>



### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender o processo histórico de fomento à dendeicultura na Amazônia paraense a partir de instrumentos políticos e legais;
- Identificar qual método de classificação supervisionada possui maior precisão na detecção de dendezais na Amazônia;
- Identificar e quantificar o desflorestamento associado à dendeicultura ao longo do tempo, e compreender como essa expansão provoca danos socioambientais em comunidades rurais da microrregião de Tomé-Açu.

### 1.3 Metodologia geral

A partir de uma perspectiva ampla, destacamos a metodologia geral utilizada nesta dissertação de mestrado. Primeiramente foi conduzida uma profunda revisão bibliográfica sobre a dendeicultura a nível mundial e regional. Consideramos artigos, livros, capítulos de livros, relatórios, teses e dissertações, tanto em português quanto em inglês. As plataformas de busca de artigos utilizadas na pesquisa bibliográfica foram *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)* e Periódicos CAPES. A busca por documentos oficiais foi feita através do portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e *Google*. Leis e decretos foram obtidos através do portal do planalto. Informações complementares foram obtidas a partir da busca manual às referências dos artigos selecionados na revisão. A parte que se refere à revisão bibliográfica é abordada no capítulo 2.

Na parte mais técnica da dissertação, foi realizada a classificação supervisionada de imagens de satélite. Com o objetivo de encontrar o método mais eficaz na identificação de dendezais e, conseqüentemente, detecção de danos ambientais relacionados à conversão de áreas de floresta, testamos duas abordagens, utilizando a plataforma *Google Earth Engine*. A primeira consistiu na classificação por pixels, onde o algoritmo processa a cena pixel a pixel, atribuindo a eles uma classe, individualmente. A segunda foi o método *Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA)*, onde a imagem é segmentada em objetos homogêneos e posteriormente classificada. Neste teste, utilizamos uma imagem da série Landsat 8 a nível de reflectância de superfície do dia 22/07/2022 (*path: 223; row: 062*), que compreende a porção central da MRTA, onde se concentra grande quantidade de dendezais. As bandas referentes ao espectro da luz visível e infravermelho foram utilizadas em conjunto com os índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, *Enhanced Vegetation Index (EVI)* e *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* como inputs, e combinados de diferentes formas para

avaliar sua precisão. Os algoritmos de classificação testados foram *Random Forest*, *Classification and Regression Trees (CART)*, e *Minimum Distance*.

Na terceira e última parte da metodologia, aplicamos o método de classificação que obteve os melhores resultados na fase anterior (capítulo 3) em uma análise de detecção de mudanças de uso e ocupação do solo, centralizado na dendeicultura. Esta parte refere-se ao capítulo 4, onde analisamos os anos de 1988, 1999, 2009, 2015 e 2023. A escolha dos anos de análise dependeu da disponibilidade de imagens sem nuvens para a região e de critérios representativos do contexto histórico da dendeicultura. O ano de 1988 refere-se à primeira imagem de satélite da série Landsat disponível para a região, servindo de referência inicial; 1999 representa o contexto anterior à publicação do PNPB; em 2009 encontramos a região sob a vigência do PNPB e a iminência de publicação do PPSOP e ZAE-dendê; O ano de 2015 representa o contexto da dendeicultura sob o funcionamento da PNPB e ZAE-dendê (Decreto nº7.172 de 2010); O ano de 2023 representa o contexto mais recente de expansão da palma. A partir dessa metodologia, pudemos quantificar a área de floresta convertida em dendezais no período analisado.

Em conjunto com a análise de detecção de mudanças de uso e ocupação do solo, conduzimos entrevistas e questionários em duas comunidades rurais afetadas pela dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu. Visitamos o assentamento Arauaí nos dias 19 e 20 de maio de 2023, onde entrevistas semi estruturadas foram realizadas com agricultores associados ao projeto de inclusão à cadeia produtiva do dendê. No total, entrevistamos 9 associados. As visitas de campo no território quilombola do Jambuaçu ocorreram nos dias 26 e 27 de junho, onde aplicamos questionários e entrevistas semi estruturadas em 23 moradores. Esta última parte da metodologia (detecção de mudanças e entrevistas e questionários) está contida no capítulo 4 desta dissertação.

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está dividida em três capítulos, seguindo uma ordem lógica baseada em “teoria – técnica – prática”. Os capítulos foram escritos em formato de artigo científico, onde o primeiro artigo, referente ao segundo capítulo, relaciona-se ao primeiro objetivo específico. O terceiro capítulo compreende ao segundo objetivo específico. O quarto capítulo, e último artigo, refere-se ao terceiro objetivo específico.

O segundo capítulo traça um panorama abrangente do contexto histórico e dos instrumentos legais e políticos que impulsionaram a expansão da dendeicultura na Amazônia. Serão exploradas as políticas públicas, programas de incentivo e legislações que contribuíram

para a consolidação dessa atividade econômica na região, destacando a interação entre o Estado e as empresas na promoção desse modelo de desenvolvimento.

No terceiro capítulo, adentramos em uma análise mais técnica, explorando diferentes métodos envolvendo geoprocessamento e sensoriamento remoto para a detecção e monitoramento dos dendezaís na Amazônia. Especificamente, diferentes formas de classificação supervisionada serão conduzidas, visando identificar padrões de uso da terra e mudanças na cobertura vegetal associadas à expansão da dendeicultura.

O quarto e último capítulo concentra-se na aplicação prática das técnicas identificadas no capítulo anterior. Será realizada uma análise detalhada das mudanças de uso e cobertura da terra na microrregião de Tomé-Açu, relacionando esses resultados com dados obtidos por meio de questionários e entrevistas de campo junto às comunidades impactadas pela dendeicultura. Esta etapa busca não apenas quantificar os danos ambientais, mas também compreender suas dimensões humanas e sociais.

## **CAPÍTULO 2 ORDENAMENTO JURÍDICO E A CONSOLIDAÇÃO DA DENDEICULTURA NA AMAZÔNIA<sup>2</sup>**

### **Resumo**

O cultivo do dendezeiro na Amazônia passou por diversas etapas, evoluindo desde os experimentos iniciais até grandes projetos, tendo seu marco produtivo com o estabelecimento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), a partir de 2004. Paralelamente, várias leis foram promulgadas visando regulamentar atividades humanas em áreas naturais, enquanto outros documentos, leis, planos, programas e projetos promoveram o desenvolvimento da dendeicultura na região. Assim, consideramos “ordenamento jurídico” como o processo de orquestramento dessas ações estatais que criaram a base para a formação e consolidação da dendeicultura na Amazônia. Este estudo visa analisar como as leis, o estado e as empresas contribuíram para a expansão da dendeicultura na Amazônia, explorando o papel da esfera político-econômica nesse processo. Através de revisão bibliográfica, foram identificados três momentos centralizados no PNPB que ressaltam eventos de continuidades e rupturas no estabelecimento da dendeicultura. O primeiro refere-se ao período experimental (1940-1970), período pré-PNPB (1970-2004) e o período do PNPB (2004-atualmente). Percebeu-se a manutenção de um modelo produtivo baseado em um discurso de inclusão rural e geração de renda na promoção da dendeicultura na região. Na prática, há a subversão do trabalho e da terra camponesa para a reprodução do capital.

**Palavras-Chave:** commodities; políticas ambientais; sustentabilidade; neoextrativismo; justiça ambiental.

## **LEGAL STRUCTURE AND THE ESTABLISHMENT OF THE PALM OIL CULTURE IN THE BRAZILIAN AMAZON**

### **Abstract**

The cultivation of oil palm in the Amazon has gone through several stages, evolving from initial experiments to large projects, with its productive milestone being the establishment of the National Program for Production and Use of Biodiesel (NPBP) starting in 2004. Meanwhile, various laws have been enacted to regulate human activities in natural areas, while other documents, laws, programs, plans and projects have promoted the development of oil palm cultivation in the region. Thus, we consider “legal structure” as the arrangement process of State actions which created the foundation for the establishment of the palm oil culture in the Amazon. This study aims to analyze how laws, the state, and companies have contributed to

---

<sup>2</sup>Submetido à Revista Geoforum, Qualis A1, em 18/06/2024.

the expansion of oil palm cultivation in the Amazon, exploring the role of the political-economic sphere in this process. Through bibliographic review, three moments were identified, centered on the NPBP, which highlight events of continuities and ruptures in the establishment of oil palm cultivation. The first refers to the experimental phase (1940-1970), pre-NPBP period (1970-2004), and the NPBP period (2004-present). It was noticed the maintenance of a productive model based on a rhetoric of rural inclusion and income generation in promoting oil palm cultivation in the region. In practice, there is the subversion of peasant labor and land for the reproduction of capital.

**Keywords:** commodity crop; environmental policies; sustainability; neoextractivism; environmental justice.

## 2.1 Introdução

Desde a sua implementação, no início da década de 1940, o cultivo do dendezeiro na Amazônia passou de fases experimentais, como a implantação de mudas no assentamento Lira Castro, a grandes projetos, como a parceria entre a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) (Na época, SPVEA) e o *Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux* (IRHO) (Homma, 2016). A performance da dendeicultura foi se adaptando na medida em que modificava o território, admitindo diferente períodos (Nahum; Malcher, 2012).

Um marco recente da dendeicultura na Amazônia é sua relação com a produção de biocombustíveis, principalmente a partir de 2004, a qual foi fundamental na consolidação da agroenergia, refletida no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Configurado como um potencial de desenvolvimento regional na Amazônia, o intenso fomento ao plantio de dendezeiros teve como alicerce o discurso de integração econômica e social da Amazônia, motivado pelas condições edafoclimáticas adequadas ao seu cultivo, mas, sobretudo, pela sua alta produtividade, aumento do consumo mundial e tendências econômicas de mercado (Becker, 2010; Homma; Vieira, 2012).

Paralelamente ao processo de formação da dendeicultura na Amazônia, instituíam-se leis que buscavam regulamentar atividades antrópicas em áreas de vegetação, visando a proteção ambiental, como a lei 4.771, que instituiu o código florestal (Brasil, 1965); lei 6.938, que institui a política nacional de meio ambiente (Brasil, 1981); lei 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997); a lei 9.985, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Brasil, 2000); e, em especial, a Lei 12.651, que institui a Proteção da vegetação nativa e outras providencias, conhecida como Novo Código Florestal (Brasil, 2012).

Por outro lado, documentos como “Notas sumárias sobre a cultura do dendê na Amazônia” (Condurú, 1957) e o Zoneamento agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (Ramalho Filho *et al.*, 2010); e projetos de lei como a PLS 110/2005, que objetivava permitir a reposição florestal e recomposição da reserva legal com o plantio de palmáceas; e leis como a 11.097 (Brasil, 2005), que introduziu o biodiesel na matriz energética, viabilizaram uma rota de livre acesso, no campo científico, legal, econômico e político à expansão da dendeicultura na Amazônia.

Autores já abordaram o contexto de formação da dendeicultura na Amazônia sobre diferentes óticas, visando compreender os mecanismos e instrumentos que levaram à sua consolidação. Homma (2016) aborda o histórico de forma cronológica, direta e sucinta; já Nahum e Santos, (2016) abordam o histórico a partir do território e das transformações na dinâmica social; Sousa e Macedo (2019) discutem a partir da relação entre a espacialização do agronegócio e a resistência da agricultura camponesa.

Enfocamos a formação da dendeicultura à luz das legislações no sentido de contribuir para a percepção do papel da esfera político-econômica sobre esse processo, a qual foi responsável por orquestrar o ambiente favorável ao estabelecimento da cadeia produtiva do dendê na Amazônia, ao considerá-lo uma “solução econômica”. Assim, no contexto de formação e consolidação da dendeicultura na Amazônia, busca-se responder a seguinte pergunta norteadora: como o ordenamento jurídico possibilitou a consolidação da dendeicultura na Amazônia? para responder tal pergunta é necessária a análise do contexto de formação, perpassando pelos projetos de expansão da Amazônia.

Consideramos, neste artigo, “ordenamento jurídico” como o processo de orquestramento das ações estatais refletidas no lançamento de programas, planos e projetos, e na publicação de leis e projetos de lei que construíram a fundação para a formação e consolidação da dendeicultura na Amazônia, sobretudo na microrregião de Tomé-Açu. Assim, focaremos na Política Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que possui um conjunto de leis, decretos, portarias e instruções normativas, como a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 e a portaria SAF/MAPA nº 280, de 27 de maio de 2022; e no Zoneamento agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (Ramalho Filho *et al.*, 2010), aprovado pelo decreto Nº 7.172, de 7 de maio de 2010.

Partimos do pressuposto de que as dinâmicas territoriais da dendeicultura na Amazônia oriental estão associadas a um ordenamento jurídico que tornou possível transformar a paisagem, a configuração espacial e a dinâmica social dos lugares e da região integrante da cadeia produtiva do dendê. Dessa forma, objetiva-se compreender a relação entre legislação

ambiental, políticas de estado e a expansão e consolidação da dendeicultura na Amazônia. Busca-se refletir e identificar os momentos políticos e a legislação impulsionadoras das transformações no meio rural e cujo corolário foi a proliferação de dendezais pelo nordeste paraense.

## 2.2 Material e Métodos

A seleção e análise dos dados foram conduzidas através de revisão de literatura, definida por Levy e Ellis (2006) como uma técnica para compreender, analisar e sintetizar um conjunto de artigos científicos, dados e/ou documentos a fim de gerar uma base científica teórica sobre o estado da arte de determinado assunto. As plataformas de busca de artigos utilizadas na pesquisa bibliográfica foram *Google Scholar*, *Scientific Eletronic Library Online (Scielo)* e Periódicos CAPES. A busca por documentos oficiais foi feita através do portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e *Google*. As leis e decretos foram obtidas através do portal do planalto. Informações complementares foram obtidas a partir da busca manual às referências dos artigos selecionados na revisão.

As principais chaves de busca utilizadas, em português e inglês, foram: “Dendê/*Palm oil*”, “dendeicultura”, “Dendê e impactos ambientais/*Palm oil and environmental impacts*”, “Dendê e Amazônia/*Palm oil and the Amazon*”, “Dendê e impactos sociais/*Palm oil and social impacts*”, “Expansão do dendê/*Palm oil expansion*”. Foram utilizados artigos publicados entre os anos de 1950 e 2023, a fim de elaborar uma linha cronológica dos eventos relacionados ao dendê na Amazônia.

A revisão de literatura sobre a formação da dendeicultura na Amazônia permite-nos identificar períodos singularizados por ações estatais associadas a interesses empresariais condensados em planos, programas e políticas. Assim, pode-se delinear um período anterior aos “Planos de Desenvolvimento da Amazônia (PDA)”, que se estende de 1940 a 1970 e é caracterizado pela fase experimental; o período dos PDA’s, entre os anos de 1970 e 1998; e por fim o período do PNB, no século XXI, que se estende aos dias atuais, iniciando-se com o ciclo progressista da América latina. O propósito desta periodização é ressaltar as continuidades e rupturas da formação de dendeicultura.

Antes de nos aprofundarmos na discussão dos resultados, é necessário esclarecer um ponto sobre a legislação ambiental brasileira. A expressão “Novo Código Florestal” é comumente associada à lei número 12.651 de 2012, que é a lei atual em vigor. No entanto, a referência precisa para esta lei é “Lei de Proteção da Vegetação Nativa” (LPVN). A LPVN substituiu a lei anterior número 4.771 de 1965, que na verdade é corretamente denominada

"Novo Código Florestal". A lei de 1965 é uma atualização da versão inicial do "Código Florestal Brasileiro", estabelecido pelo Decreto Número 23.793, em 1934. Portanto, neste trabalho, utilizaremos o termo "Lei de Proteção da Vegetação Nativa" (LPVN) para nos referirmos à Lei Número 12.651 de 2012 e "Novo Código Florestal" (NCF) para a Lei Número 4.771 de 1965 (Brancaion *et al.*, 2016).

## **2.3 Resultados e Discussão**

### **2.3.1 Período experimental (1940 – 1970)**

Na década de 1940 a Amazônia tinha como destaque econômico a exploração da borracha, alicerçada sob o discurso varguista que fomentava a “marcha para o oeste”. Tal representação discursiva nutre-se de simbolismos que estimulam a conquista do território como forma de manifestação ufanista do Estado Novo, o qual “buscava a integração econômica nacional a partir da colonização de regiões consideradas longínquas e desabitadas” (Andrade, 2010). Dessa forma, arquitetava-se a imagem de Amazônia como a selva que consumia o caboclo, onde o ambiente imperava sob a condição humana.

Nesse contexto, a construção do imaginário de uma região que remetia à condição de “subaproveitada”, “vazia”, “abandonada” acerca da Amazônia era essencial para justificar a sua exploração. Essa estratégia não estava sendo utilizada pela primeira vez, tampouco seria a última, pois o período pombalino fomenta a representação de região subaproveitada economicamente. Dessa forma, estabelecia-se uma dualidade, de origem estrangeira, na qual a “técnica” e o “desenvolvimento” providos pelo estado deveriam prevalecer sob o “atraso” encontrado no campo (Secreto, 2007).

Essa representação de região procura promover esforço no sentido de integrá-la aos interesses do capital nacional e internacional. É nesse contexto que, de forma silenciosa, as primeiras sementes de dendezeiros começavam a ser plantadas no campo agrícola Lira Castro, no estado do Pará, em 1942. Sua introdução se deu de forma nichada, reduzindo-se ao interesse de poucos, não estando diretamente relacionada aos discursos proferidos no programa de desenvolvimento da Amazônia de Vargas. A partir daí, deu-se início à fase experimental do dendê na Amazônia (Andrade, 2010; Homma, 2016).

A partir de 1957, com a publicação de Condurú, intitulada “Notas sumárias sobre a cultura do dendê na Amazônia” identificam-se os primeiros indícios sobre o interesse em associar o cultivo do dendezeiro à fronteira agrícola que colonizara a Amazônia. O que se expressa em trechos como “o dendê será futuramente uma das maiores riquezas da região” e “quando os dendezaís da Amazônia produzirem frutos em quantidades tais que justifiquem seu



beneficiamento em nossa região, os industriais se interessarão bastante” (Condurú, 1957, p. 3); ressaltando o interesse agroindustrial de seu potencial para Amazônia, pelo autor. Alguns anos depois, Condurú publica “A cultura do dendê tem possibilidades na Amazônia”, reiterando o potencial desta cultura como integrante da base econômica agrária brasileira (Homma, 2016).

Concomitantemente, a partir de meados de 1950, investimentos em pesquisa com sementes de dendezeiros, realizados por instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Agrônômico do Norte (IAN) e Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), foram fomentados com o objetivo de verificar a viabilidade biológica às características edafoclimáticas da Amazônia (Homma, 2016). O esforço científico na viabilização da dendeicultura, como demonstra Condurú (1957) no trecho “na Amazônia o clima é excelente para a cultura do dendê, sendo fácil encontrar solos adequados a seu cultivo” (Condurú, 1957, p. 5), ressaltava a adaptabilidade do plantio aos solos e clima amazônicos. Observa-se nesse momento, o início da mudança de paradigma por parte do estado, onde essa palma começa a ganhar interesse e, futuramente, protagonismo, diferentemente de outrora.

Dentre alguns importantes fatos que marcaram o processo de consolidação experimental do dendezeiro na Amazônia destacam-se: a parceria entre IAN e SPVEA para a produção de mudas de dendezeiro, em 1955, e o projeto piloto entre SUDAM/IRHO, os quais deram abertura para o estabelecimento de parcerias comerciais, sobretudo entre Estado e empresa. Resultante desse contexto é a associação entre SUDAM e grupo Ovídio Miranda Brito (atual Denpasa) no plantio de 3 mil hectares de dendezeiros em Benevides, PA (Sousa; Macedo, 2019). Nesse momento tende-se à criação de um modelo de produção baseado na privatização, tendo seu marco em 1972, com a transferência da produção da SUDAM para a iniciativa privada (Homma, 2016).

O Brasil vivia um contexto no qual a preocupação com danos e impactos ambientais ainda não estavam na pauta nem da sociedade civil, nem da sociedade política amazônica. Longe disso, a ideologia da fronteira agrícola alimentava a representação da região enquanto “celeiro do mundo”. No país, havia somente resquícios de heranças legais que abstratamente se relacionavam com poucas iniciativas de proteção ambiental. É somente a partir de 1965, com a publicação da Lei 4.771, que instituiu o Novo Código Florestal, que se começa a construir um espaço de relevância frente às questões ambientais na esfera legal, no que tange o uso da terra pela propriedade privada (Brasil, 1965; Sparovek *et al.*, 2011). Assim, tal conjunção criou condições para o cultivo de dendezeiros em uma época que não havia a preocupação com a sua viabilidade ambiental, em termos de geração de danos.

Nesse contexto, essa legislação configura-se num instrumento de orientação à preservação das florestas, refletida, principalmente, na introdução dos conceitos de “preservação permanente” e “reserva legal” (incluído em 2001, por medida provisória). Esse mecanismo é criticado e rejeitado por produtores rurais, o que provocou a não conformidade, principalmente nos anos iniciais de vigência da legislação, onde se observava a permanência de diversas propriedades em situação de irregularidade, seja pelas exigências, definições imprecisas ou a falta de fiscalização (Sparovek *et al.*, 2011).

Essa rejeição é fruto da imposição da lei em recuperar e manter as áreas de preservação permanente (APP) e Reserva Legal, onde esta última obedece à porcentagem mínima de 80% das propriedades localizadas na região amazônica. Tais condições, sob a ótica dos produtores, eram obstáculos ao desenvolvimento agrário ao limitar o uso da terra para a preservação da vegetação nativa. Por outro lado, essa lei representava um progresso em relação à proteção ambiental frente ao iminente avanço da fronteira agrícola, ao reconhecer as florestas como “bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade” (Brasil, 1965).

Entretanto, o bloco no poder estatal cria mecanismos para defender seus interesses rentistas, o que gera ambiguidades sobre os princípios que regem a legislação ambiental. Inicialmente, se pressupunha que o país estava se alinhando às tendências internacionais sobre sustentabilidade, principalmente após a publicação do *The National Environmental Policy Act* (NEPA), em 1969, primeira legislação americana de grande escala que estabelecia a avaliação dos impactos ambientais ocasionados por agências federais (Sánchez, 2020). Na prática, no Brasil, o sistema formado pelo Estado e empresas se autoajusta, independentemente de esfera ou escala, legalizando práticas e criando exceções que, noutras circunstâncias, eram proibidas, na garantia de sua hegemonia, como pode ser observado no trecho do próprio NCF.

A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social (Brasil, 1965).

Tais manobras são categorizadas, de forma unilateral, em classes como “utilidade pública” ou “interesse social”. Considera-se como unilateralidade pois não há participação social relevante nos processos de tomada de decisão, evidenciando a capacidade desigual de poderes entre o Estado e a sociedade, representada, nesse contexto, nas comunidades locais, parcela de menor influência econômica e política. Esse mecanismo busca viabilizar, no campo da aceitação popular, as medidas tomadas pelo Estado na materialização de seus interesses. A partir dos anos 2000 diversos outros exemplos desses casos aparecem na dinâmica da

Amazônia, como a construção de grandes usinas hidrelétricas, barragens de mineração e, especialmente, no estabelecimento da dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu. Portanto, tal como aponta Castro (2017), as obras de infraestrutura testemunham a concretização do discurso desenvolvimentista viabilizador do avanço da fronteira agrícola e o fortalecimento no bloco do poder estatal, do segmento do agronegócio, por isso esses mecanismos são realizados em conjunto,

Nessa perspectiva, as obras da engenharia de transporte foram relevantes ao avanço da fronteira agrícola e econômica [...]. Colonização, estradas e grandes projetos constituíram pilares da política de integração nacional. Enfim, o avanço sobre os grandes espaços demanda a construção de obras de infraestrutura. Com a colonização também foi efetivada a expansão da agropecuária [...] (Castro, 2017).

Esse processo se intensifica a partir do ciclo dos chamados governos progressistas, no início do século XXI, no qual está situada a criação do PNPB, associada a uma orientação política do neoextrativismo, aparece de modo explícito como orientação produtiva estatal (Svamp, 2019). Mas, no período que se discute neste tópico, que compreende a publicação do “Novo Código florestal” (1965), esse processo de hegemonia estatal na execução dos planos de expansão da fronteira agrícola se encontra com a dendeicultura de maneira embrionária. Um exemplo é o acordo de cooperação técnica entre SPVEA e IRHO que viabilizou a implantação do Projeto Piloto de Dendê no Pará, com um núcleo de 1.500 hectares, uma usina para processamento de cachos com frutos frescos e mais 1.500 hectares de plantações satélites; e posteriormente na constituição do projeto de plantações satélite do dendê, em 1973, pela Secretaria de Agricultura do Pará, com o propósito de implantar 1.500 ha com pequenas plantações no entorno da Denpasa (Müller; Furlan Júnior; Celestino Filho, 2006).

Esses projetos, segundo Alier e Jusmet (2000) e Castro (2017) representam uma manifestação de poder perante o território quanto “construção política resultante da interação de forças entre atores com capacidades desiguais de poder e objetivos antagônicos”. Assim, ao prover o espaço com infraestrutura, desenvolve-se e perpetua-se um modelo de produção fortemente consumidor de recurso natural, especialmente, no caso do dendê, pela abertura de estradas, utilização de recursos hídricos e aplicação de insumos agrícolas e agrotóxicos (Nahum; Santos L.; Santos C., 2020a). No “Novo Código Florestal” (1965), essa viabilidade é constantemente adaptada, refletida nas 136 alterações realizadas desde a sua criação até a sua revogação, em 2012. Dentre os instrumentos que se consideram permissivos a esse processo, cita-se a exceção em suprimir a vegetação em APP’s por atividade considerada de “baixo impacto”, como se observa no § 3 do art. 4º

“O órgão ambiental competente poderá autorizar a supressão eventual e de baixo impacto ambiental, assim definido em regulamento, da vegetação em área de preservação permanente”(Brasil, 1965).

Entretanto, comprovar de maneira empírica a relação entre o avanço da dendeicultura e o desmatamento, nesse contexto, é difícil, haja vista a escassez de tecnologias para gerar esses dados na época. Além disso, a fraca fiscalização e monitoramento, gerados não só pela ausência de tecnologia, mas também pela falta de recursos humanos, tornou ainda mais permissiva a manutenção da irregularidade dos imóveis rurais, o avanço despreocupado, em termos de danos ambientais e sociais, da fronteira agrícola e, sobretudo, o estabelecimento da dendeicultura na Amazônia.

Os projetos citados e as privatizações, como a transferência dos plantios de dendezeiros da SUDAM para a iniciativa privada, realizadas no início da década de 1970, indicavam o início de um novo período na região amazônica, marcado pelos Planos de Desenvolvimento da Amazônia (PDA's), que sintetizam ações políticas que buscam integrá-la ao modelo de crescimento econômico da época, ocupando-a e reafirmando a soberania nacional nesta fração do território brasileiro. Podemos dizer que, a partir desses planos de desenvolvimento, desencadeia-se um reordenamento socioeconômico e territorial da região (Nahum, 2011).

Nesse período, os dados sobre quantidade produzida, área destinada à colheita e a localização das plantações são muito imprecisos. Entretanto, estima-se que ao final deste período havia cerca de 3 mil hectares de plantação de dendê no município de Santa Bárbara (na época, Benevides), no estado do Pará; 35 hectares no estado do Amapá; milhares de mudas disponíveis para plantação na sede da IAN; e diversos planos para plantações piloto de dendezeiros (Homma, 2016).

### 2.3.2 Período pré-PNPB (1970 – 2004)

A partir de 1970, a preocupação ambientalista é alçada à tendência mundial, sobretudo pela conferência de Estocolmo de 1972 (Nogueira; Passos, 2009). Pautas como mudanças climáticas e sustentabilidade são debatidas pela primeira vez em um campo de tomada de decisão de abrangência global. Apesar da participação da delegação brasileira nesta Conferência, o viés desenvolvimentista, conduzido por grandes projetos de exploração mineral, agropecuário, hidroelétrico e minero metalúrgico, prevaleceu nos vários Planos de Desenvolvimento da Amazônia.

Ao considerar o contexto em que estava inserido o Brasil, a partir de 1964, durante o período da ditadura militar, observava-se a persistência dos planos desenvolvimentistas alicerçados sob o discurso de “preencher os espaços vazios”.

Não surpreende, pois, que, como ideologia geográfica, à Amazônia brasileira fosse atribuída (em plena segunda metade da década de 1970) uma condição quase mítica, relacionada a um imaginário segundo o qual a América Latina seria a porção do espaço mais apta para o florescimento de uma nova humanidade, o que remete ao debate político brasileiro do início do século XX (Bomfim, 2010).

O desenvolvimento enquanto pensamento único e meta adquire um caráter mais aparelhado, refletido na criação da SUDAM, a partir da SPVEA, onde esse novo órgão

“passa a ter força de um dispositivo político para determinar e orientar o desenvolvimento e o progresso do país (Petit 2003). Por meio deste órgão redireciona-se a política de incentivos fiscais para os projetos agropecuários, com o fim de atrair o empresariado a investir na Amazônia” (Joanoni Neto; Guimarães Neto, 2019)

Para Nahum (2011), a SUDAM se manifesta como instituição cujas atribuições são direcionadas à satisfação dos interesses particulares e restritos de segmentos exógenos, carregada, também, de simbolismos de setores do capital que buscam desbravar a floresta, integrar os espaços, ocupar os vazios e desenvolver economicamente a região. Assim, o modo operacional da SUDAM, carregado de atribuições, exalta a “região” e silencia o “homem”, ao concentrar grande poder de decisão como em julgar a “prioridade dos projetos ou empreendimentos privados, de interesse para o desenvolvimento econômico da Região” (Brasil, 1966).

Ao considerar o contexto da dendeicultura na Amazônia, nota-se que a SUDAM opera tal como o modelo de parcerias público-privadas, na constituição do Projeto de Dendê, quando se associa ao consórcio HVA International (Holandesa), em 1974. Outros marcos também podem ser citados como forma de expressão da atuação da SUDAM como instrumento de consolidação da dendeicultura na Amazônia, dentre eles a criação do Programa Nacional de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pro-óleo), Programa Nacional de Pesquisa do Dendê, a aprovação do projeto Dendê da Amazônia S.A. (Denam) e a mudança do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira para o Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, todos ocorridos em 1980 (Homma, 2016).

Entretanto, o Projeto Dendê da Amazônia foi completamente abandonado anos após o plantio das mudas, não sendo efetivada a construção da usina e de parte do plantio, como havia sido planejado. Por sua vez, o Programa Nacional de Pesquisas do Dendê, com o objetivo de promover a independência e o desenvolvimento de tecnologias genéticas na produção e

expansão dos dendezeiros na Amazônia, encerrou suas atividades no ano de 1989, onde a partir daí, haveria um hiato de 21 anos com as pesquisas de dendezeiros no Brasil (Homma, 2016).

Apesar de as iniciativas serem favoráveis à expansão dos dendezeiros juntamente com a fronteira agrícola na Amazônia, a queda nos preços internacionais de petróleo impediu a efetivação do Pro-óleo, na época. Embora tenha fracassado, esses programas e projetos funcionaram como preâmbulo sobre um discurso que viria a ser utilizado anos depois com o PNPB, a partir de 2004, como forma de legitimar a expansão dos dendezeiros na Amazônia sob a égide do modelo neoextrativista, estabelecendo novas complexidades e significados ao território.

Sobre essa conjuntura é possível trazer à discussão sobre o que Castro (2017) considera como a “reprimarização” da economia, através do processo de desindustrialização. Nesse processo o estado redireciona investimentos na geração de “produtos com baixo valor agregado”, sobretudo em exportação de *commodities* agrícolas, sendo um modelo excessivamente predatório em relação ao uso do território. Além disso, esse processo demonstra a vulnerabilidade do modelo de mercado adotado pelo estado na época, o qual persistiria até os dias atuais, tornando-se base da economia nacional, fortemente dependente do mercado internacional, o qual determina os preços.

Em 1981 um novo marco legal representa avanço na construção de um código ambiental brasileiro, com a publicação da Lei nº 6.938, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). Essa lei possibilita novas dinâmicas ao campo da proteção e monitoramento ambiental, sobretudo com a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). A PNMA objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental como forma de condicionar o desenvolvimento socioeconômico atendendo à princípios como “a manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo” e a “racionalização do uso do solo, subsolo, água e ar”. Juntamente com o Novo Código Florestal de 1965, a PNMA surge como reforço ao estruturar e descentralizar a responsabilidade ambiental do campo administrativo e governamental, além de criar um instrumento de preservação denominado áreas de servidão ambiental, complementando as ARL’s e APP’s (Brasil, 1965; Castelo, 2015).

Com a PNMA temos a figura do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual se apresenta como o órgão consultivo e deliberativo exercendo, sobretudo, a criação de normas e padrões ambientais, em modelo de resoluções, como a resolução nº 1 de 1986, que dispõe sobre critérios e diretrizes para a avaliação de impacto ambiental. Assim, o CONAMA inclui novos artificios ao Código florestal de 1965, principalmente no que tange ao

enquadramento de atividades, obras e planos nas resoluções publicadas pelo órgão, objetivando a integridade da vegetação nativa (Brasil, 1965, 1981).

Ao final dos PDA's até o início do ciclo progressista, período que se estende de 1997 a 2000, importantes mecanismos legais são implementados, além da PNMA. A Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), Lei de crimes ambientais (1998), e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000) surgem próximos a um contexto intensivo de expansão da fronteira agropecuária na Amazônia. Entretanto, mecanismos de proteção ambiental praticamente ficaram no campo teórico, onde a atuação da engrenagem estatal e empresarial parece prevalecer sob os princípios instituídos pelas leis.

As taxas de desmatamento na Amazônia Legal eram alarmantes no período dos planos de desenvolvimento, tendo seu pico em 1995, quando atingiu cerca de 29 mil km<sup>2</sup> de área desmatada<sup>3</sup> (Inpe, 2023). Ao mesmo tempo, se observava a expansão crescente do cultivo de dendezeiro, especialmente na microrregião de Tomé-Açu. De acordo com Almeida, Vieira e Ferraz (2020), na década de 1990 o desmatamento ocorreu mais intensamente na conversão de áreas de floresta para palma de óleo, na região do Moju, Pará, o que reflete as políticas de colonização e integração econômica da Amazônia, na época, como forma de acelerar a expansão da fronteira agrícola. Entretanto, isso se deu a um custo ambiental muito alto.

Tal situação elucida um cenário ambíguo de atuação estatal, o qual refletia e reflete o modelo de reprodução do capital vinculado à terra, alicerçado no incansável e repetitivo discurso de integração regional econômica. Se por um lado havia um avanço teórico sobre as pautas conservacionistas e de proteção ambiental no campo legal, na prática as taxas de desmatamento demonstravam a eficiência no avanço da fronteira agrícola sobre a Amazônia, e em particular, dos monocultivos de dendezeiro.

Esse processo ocorre para manter e aprimorar o modelo de produção dos diversos empreendimentos indutores da expansão da fronteira agrícola na Amazônia, sejam eles agropecuários, mineradores, de infraestrutura ou de energia. Demandam igualmente a constante flexibilização das leis ambientais. Esse enfraquecimento legal afeta, além do meio ambiente, os direitos sociais e étnicos ao gerar e reproduzir conflitos e expropriações na terra de comunidades política e economicamente desfavorecidas. Assim, é repassado “à sociedade e ao ambiente os custos de suas operações econômicas que são de natureza privada” (Castro, 2017).

Castro (2017) reitera que essas dinâmicas “mostram o paradoxo de uma legislação ambiental avançada, a aprovação de dispositivos legais e institucionais, mas cujo desafio de

---

<sup>3</sup><http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

manter a floresta em pé se torna impossível pelo avanço da fronteira do capital floresta adentro” (Castro, 2017, p. 26). Esse mecanismo se reconfigura e se readapta às tendências internacionais de sustentabilidade, formando novas dinâmicas, frustrando e consumindo toda iniciativa de preservação ambiental e de fomento a um modelo de produção essencialmente sustentável.

É possível exemplificar esse modo de adaptação através do conceito de *Greengrabling* analisado por Backhouse (2013), que se configura como um processo de ocupação da terra de modo “pacífico, apresentados como projetos ecologicamente sustentáveis e de desenvolvimento em áreas já antropizadas, que atravessam o debate público praticamente livres de questionamento”. Essa dinâmica se intensifica no período do neoextrativismo, sobretudo no ciclo progressista da América Latina, onde as flexibilizações para o estabelecimento da dendeicultura na Amazônia, nas esferas legal e política, se tornam muito mais evidentes (Nahum; Santos, 2015; Svamp, 2019).

A partir de 1988 é contabilizado a área destinada à colheita de cacho de côco de dendê pelo Panorama Agrícola Municipal (PAM), vinculado ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Assim, entre 1988 e 1998 as áreas destinadas à colheita, a nível nacional, saltaram de 43.576 hectares para 69.316 hectares (Tabela 1).

Tabela 1 - Área destinada à colheita de cacho de côco de dendê, em hectares, nas unidades federativas produtoras e no Brasil, entre 1988 e 1998.

Anos	Unidades Federativas				
	Pará	Bahia	Amapá	Amazonas	Brasil
<b>1988</b>	12.545	27.471	3.560	-	43.576
<b>1989</b>	17.196	29.201	4.321	-	50.718
<b>1990</b>	28.738	38.271	4.500	-	71.509
<b>1991</b>	30.277	34.953	4.086	-	69.316
<b>1992</b>	40.432	45.380	4.000	-	89.812
<b>1993</b>	35.277	30.437	4.000	-	69.714
<b>1994</b>	38.837	29.821	-	-	68.658
<b>1995</b>	37.956	30.152	-	-	68.108
<b>1996</b>	38.769	30.099	4.000	61	72.929
<b>1997</b>	39.744	38.040	4.000	61	81.845
<b>1998</b>	33.614	41.346	4.000	61	79.021

Fonte: PAM (Ibge, 2023).

Percebe-se que entre 1988 e 1992, a produção paraense estava em processo de expansão, onde a Bahia liderava em quantidade de área. A partir de 1993 o estado do Pará passou a disputar a posição de protagonismo. Essa disputa perduraria até 2012, quando o estado do Pará assume, de forma definitiva, a posição principal na produção de dendê nacional. Outros estados



contribuíram de forma secundária na produção, como o estado do Amapá, Amazonas e, após 2014, Acre e Roraima.

### 2.3.3 Período do PNPB (2004 – atual)

A partir da alta nos preços das *comodities*, que deu início ao ciclo progressista latino-americano entre 2000 e 2015, os países da América do Sul, em especial o Brasil, não pouparam esforços em acelerar o seu crescimento econômico. Esse crescimento é consumado sob o modelo neoextrativista, caracterizado por sua dimensão faraônica, tanto em aspectos infraestruturais quanto em quantidades e escalas na produção e extração de matérias primárias (Svamp, 2019). A partir desse período, a cadeia produtiva de dendê começa a ganhar protagonismo econômico de fato no país, especialmente no estado do Pará, onde seu crescimento passa a ser constante nos anos subsequentes.

No período que compreende o ciclo progressista, a taxa de crescimento anual média dos dendezais atinge 5,58% (IBGE, 2022). Esse comportamento da cadeia produtiva de dendê, no período, tornou mais clara a observância de sua atuação na Amazônia, no campo político, legal e econômico. Essa tríade é interdependente, caracterizando-se como um mecanismo minucioso que mantém a cadeia produtiva constante, eficiente e adaptável às circunstâncias e particularidades regionais e locais.

Um instrumento que exemplifica este cenário é o lançamento do Programa Nacional de Produção do Biodiesel (PNPB), sendo

“um programa interministerial do Governo Federal que objetiva a implementação de forma sustentável, tanto técnica como econômica, da produção e uso do biodiesel, com enfoque na inclusão produtiva e no desenvolvimento rural sustentável, via geração de emprego e renda.”(Brasil, 2019).

Esse programa ampliou o espaço político e legal ao avanço do cultivo do dendzeiro. Marcado pela recorrente aparência “encantadora”, resgatando termos como “desenvolvimento econômico”, “geração de renda” e “inclusão produtiva” ao âmago de seu discurso, o PNPB rege influência sob diversos setores rurais, desde os tomadores de decisão aos agricultores familiares. O programa é formado por um conjunto de leis, decretos, resoluções e instruções normativas, as quais foram lançadas sequencialmente ao longo dos anos de atuação do projeto, modificando-o, readaptando-o, adicionando novos instrumentos e estratégias de domínio territorial.

Dentre seus instrumentos, destaca-se a Lei nº 11.097 de 2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira ao estabelecer a obrigatoriedade na adição de 5% ao óleo diesel vendido ao consumidor final. O objetivo do governo é alcançar 15% até 2025; atualmente a

porcentagem em uso é de 12%. Além dessa lei, o decreto nº 5.297 de 2004 também foi um importante instrumento ao estabelecimento da dendeicultura, ao instituir o selo biocombustível social aos produtores de biodiesel que incluem agricultores familiares à cadeia produtiva. Este decreto foi revogado pelo decreto nº 10.527 de 2020, atualmente em vigor (Brasil, 2005, 2020).

Um dos aspectos recorrentes em programas como o PNPB é o discurso de inclusão rural pautado na agricultura familiar e na promoção da sustentabilidade, refletido, por exemplo, no decreto nº 1.946 de 1996 que cria o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) (Brasil, 1996).

As fontes renováveis de energia, especialmente os biocombustíveis, podem contribuir para a inclusão produtiva e a geração de renda no meio rural brasileiro. Neste cenário, a agricultura familiar pode desempenhar papel importante nas cadeias de energias renováveis do país. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), através da Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF), participa da gestão do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), por meio do qual, além de estimular a produção do biocombustível, procura apoiar a participação da agricultura familiar na sua cadeia de produção (Brasil, 2019).

A inclusão da comunidade local na concepção das estratégias econômicas é imprescindível para o alcance de uma justiça ambiental efetiva, sobretudo na dinâmica rural amazônica. Entretanto, esse tipo de discurso, apesar de refletir uma boa intenção, em sua prática denota uma perversa forma de domínio territorial e social. Nahum e Santos (2018) consideram esse processo uma “subsunção formal do trabalho e do território ao capital que se oculta no discurso de geração de emprego, renda e inclusão social”, e que é provocada por tendências globais à certificação. Tal processo, ainda de acordo com os autores, provoca a perda de identidade da comunidade local associada à cadeia produtiva de dendê, posto que deixam de ser camponeses, ao mesmo tempo não sendo nem assalariados e nem empreendedores.

Essa subordinação das comunidades à dinâmicas e interesses exógenos de empresas e estado provocam a perda da autonomia das comunidades que se associam à cadeia produtiva do dendê, posto que

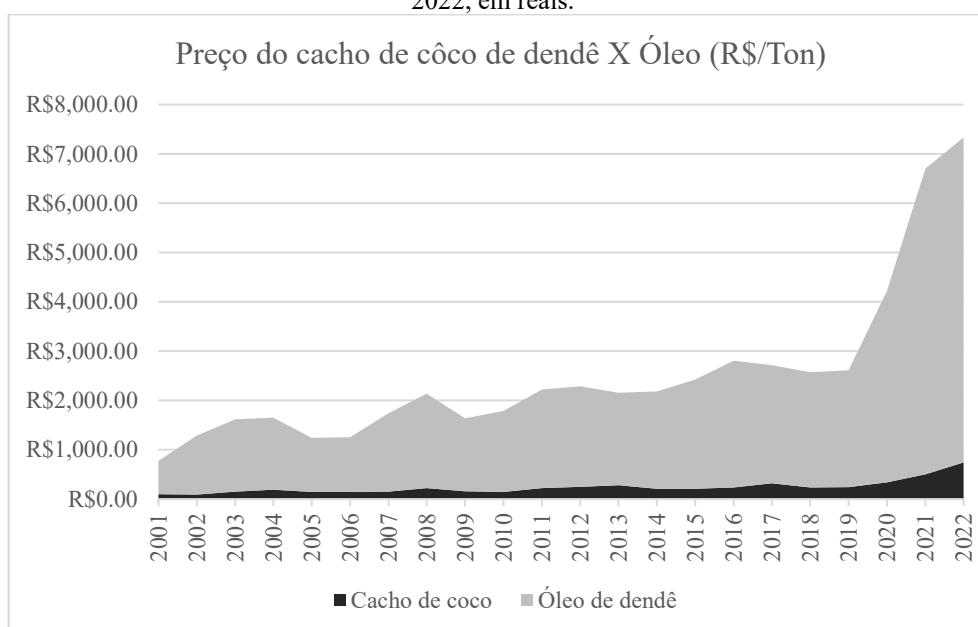
As unidades familiares associadas aos projetos de agricultura familiar de dendê não perdem a propriedade jurídica da terra, tampouco as pessoas tornam-se assalariados das empresas; em suma, continuam proprietárias da terra enquanto meio de produção e força produtiva e sua força de trabalho não é vendida à empresa. Porém, quem determina e comanda os usos dessa terra são as empresas; a terra, por meio de contratos entre partes “juridicamente iguais” e em comum acordo, transformou-se em território usado pelo dendê. Igualmente a força de trabalho de todos que adentram os campos é treinada, comandada e utilizada exclusivamente para a cultura da palma africana (Nahum; Bastos, 2014)

Assim, as empresas limitam a produção dos agricultores familiares associados somente à venda de fruto fresco colhido. O discurso de integração, aumento e segurança de renda omite o uso da terra para a geração e manutenção de capital. Essa dinâmica preserva a concentração

de renda, amplificando relações entre indivíduos com interesses antagônicos e capacidades desiguais de poder.

Na cadeia produtiva do dendê, o valor da tonelada do cacho de côco tem baixíssimo valor agregado se comparado com o óleo extraído. No ano de 2022 o preço da tonelada do fruto fresco colhido foi 10 vezes menor que o preço do óleo já refinado (Figura 1), processo feito exclusivamente pelas grandes empresas. Em todo os anos de integração da agricultura familiar na cadeia produtiva do dendê, nenhuma iniciativa para a verticalização da produção familiar, seja estatal ou privada, foi realizada.

Figura 1 - Variação do preço da tonelada do cacho de coco de dendê e do óleo de dendê, entre 2001 e 2022, em reais.



Fonte: Indexmundi (2023)<sup>4</sup>; Seagri (2023)<sup>5</sup>; Ipeadata (2023)<sup>6</sup>. Nota: Foram utilizadas as médias anuais do preço do dólar de cada ano.

A Agropalma conta hoje com 192 projetos de agricultores familiares, distribuídos por cinco áreas, totalizando 1.741,53 ha<sup>7</sup>. Considerando-se que nesses projetos a produtividade média do dendezeiro alcance o estimado de 16,63 toneladas, teremos um resultado aproximado de 28.961 toneladas. O preço mínimo pago pela tonelada do fruto fresco ao cultivador corresponde a 10% do preço da tonelada do óleo pela Bolsa de Roterdã. Em agosto, segundo dados da Agropalma, o valor pago por tonelada de fruto fresco colhido foi de R\$ 569,33 o que,

<sup>4</sup> <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=palm-oil&months=360>

<sup>5</sup> [http://www.seagri.ba.gov.br/cotacao?produto=487&praca=286416&tipo=374&data\\_inicio=01%2F01%2F2000&data\\_final=31%2F12%2F2023](http://www.seagri.ba.gov.br/cotacao?produto=487&praca=286416&tipo=374&data_inicio=01%2F01%2F2000&data_final=31%2F12%2F2023)

<sup>6</sup> <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>

<sup>7</sup> <https://www.agropalma.com.br/sustentabilidade/#documentos>

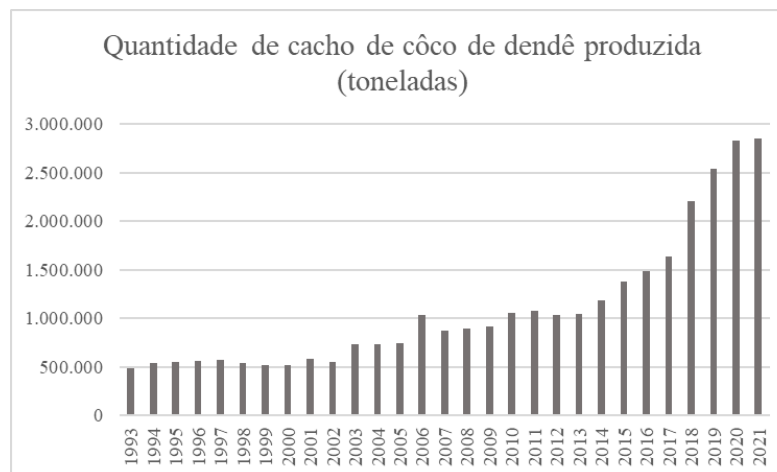
se traduz num valor aproximado de R\$ 16.488.366,13 para a Associação de Produtores. Uma renda mensal de aproximadamente R\$ 7.156,00.

Tal desempenho não encontra comparativo em nenhum outro projeto de desenvolvimento para o meio rural da microrregião de Tomé-açu. Para adentrar ao exigente mercado global do óleo de palma as empresas precisam se adequar aos padrões internacionais de produção frente à cultura das certificações ambientais. Na cadeia produtiva do dendê, esse cenário se intensifica, principalmente, após a criação do *Roundtable On Sustainable Palm Oil* (RSPO), em 2004, uma organização sem fins lucrativos que objetiva implementar um padrão internacional na produção sustentável de palma de óleo, através da certificação.

A motivação em certificar a cadeia produtiva do dendê surge a partir dos impactos ambientais que estavam sendo observados nos países produtores do sudeste asiático Malásia, Tailândia e Indonésia, os quais eram, e ainda são, os maiores produtores de dendê do mundo. Nessa região a consolidação da produção da palma de óleo ocorreu pela conversão de extensas áreas de vegetação nativa, perdendo grande parte de sua biodiversidade (Cazzolla Gatti *et al.*, 2019; Meijaard *et al.*, 2020; Saswattecha *et al.*, 2015; Wicke *et al.*, 2011).

Essa preocupação atinge a região Amazônica com as publicações de Butler e Laurance (2009) e Becker (2010), os quais tiveram como objeto central de estudo o cultivo de dendê como potencial de risco ambiental, devido a sua produção crescente e constante na Amazônia ao longo dos anos (Figura 2). Apesar de serem trabalhos que se limitaram à tendências e revisões, posteriormente, diversas outras pesquisas, de forma mais empírica, abordaram o processo de consolidação da dendeicultura na Amazônia e seus impactos ambientais e sociais, como conflitos de uso da terra em APP's (Almeida; Vieira, 2014a), usos da água e sua relação com uso e ocupação do solo (Ferreira; Lima; Corrêa, 2014b), dinâmicas territoriais do espaço agrário (Nahum; Malcher, 2012) e processos de descampesinização (Nahum; Bastos, 2014).

Figura 2 - Quantidade de fruto fresco colhido de dendê em toneladas, no Estado do Pará, de 1993 a 2021.



Fonte: Ibge (2022).

Em 2010 surge o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo (PPSOP) juntamente com a publicação do Zoneamento agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (ZAE-dendê), instrumentos que marcam um importante período no processo expansivo da fronteira da dendeicultura na Amazônia. O PPSOP surge como um projeto que objetiva a expansão da produção de óleo de palma, propondo instrumentos para garantir sua execução baseado na sustentabilidade socioambiental. Apesar de ter sido arquivado em 2019, a reverberação de seu discurso, no período de tramitação, contribuiu no processo de consolidação e enraizamento da dendeicultura como forma exclusiva de integração econômica de comunidades rurais paraenses como as vilas de Arauaí e Água Azul, ao reforçar a atuação de outros programas como o PNPB e PRONAF (Mota; Ribeiro; Schmitz, 2019; Nahum; Santos, 2022).

A publicação do ZAE-dendê apresentou dados sobre a viabilidade territorial e climática ao mapear o potencial agrícola das terras localizadas em áreas desmatadas para o cultivo de dendezeiros na Amazônia, admitindo à dendeicultura peso científico para o seu fomento. Parecia não haver mais justificativas para se opor à ampliação da cadeia produtiva do dendê. Assim, o discurso estava pronto, a iniciativa era sustentável, rentável e inclusiva. O ZAE surge como um aval, uma comprovação da viabilidade desse cultivo.

A expansão da área cultivada com a palma de óleo (dendezeiro) nas áreas já desmatadas da Amazônia é reconhecida como uma excelente alternativa para a produção de óleo para fins alimentares e energéticos, constituindo suporte tanto para o projeto governamental de ampliação e diversificação da matriz energética brasileira, quanto para a criação de empregos e o aumento da renda da população envolvida nessa atividade. Por outro lado, propicia um melhor aproveitamento das áreas desmatadas e, como consequência, diminui a pressão sobre as áreas de florestas nativas. (Ramalho Filho *et al.*, 2010)

Dentre os principais resultados, o zoneamento identificou cerca de 150 mil km<sup>2</sup> de áreas consideradas preferenciais e 440 mil km<sup>2</sup> de áreas consideradas regulares para o cultivo da palma nas áreas desmatadas da Amazônia legal (Ramalho Filho *et al.*, 2010). Ao publicar tais

números retoma-se o ideal *El doradista* assumido à Amazônia em outrora, mesmo que de forma eufemizada, manifestado sob a ótica de um novo contexto político, social e econômico, resgatando a imagem de “espaço vazio” a ser conquistado, mas encoberto por uma iniciativa “sustentável”. Entretanto, a iniciativa sobre essa produção dita sustentável se limita ao discurso, onde na prática se observa a transgressão de APP’s, ARL’s, áreas de vegetação nativa, alteração na qualidade e disponibilidade hídrica, conflito de terras e descampesinização (Damiani *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2020; Nahum; Bastos, 2014; Souza; Viana; Pereira Júnior, 2019).

Em 2012 é publicada a lei nº 12.651 de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, sendo um marco para a agroindústria e para a pecuária, ao dispor de novos instrumentos e enquadramentos, principalmente no que se refere às APP’s e ARL’s. A nova versão do código florestal surge com avanços e retrocessos, dentre os quais impactaram e impactam diretamente na expansão e consolidação da dendeicultura na Amazônia.

O principal aspecto, no sentido favorável ao estabelecimento da dendeicultura, está relacionado à criação das áreas consolidadas, definidas como “área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio” (Brasil, 2012). Nas áreas rurais consolidadas, a recomposição das faixas de APP’s ao longo de cursos de rios é profundamente reduzida. Além disso, a vegetação nativa remanescente, em propriedades de até 4 módulos fiscais que não atingiu a porcentagem estipulada pela legislação, anterior à 22 de julho de 2008, passa a ser computada como ARL, sem a necessidade de recomposição. No geral, a exigência de restauração de áreas de vegetação nativa foi reduzida e cerca de 58% em comparação a lei anterior (Brançalion *et al.*, 2016).

Esse mecanismo proporciona a perpetuação da degradação ambiental de propriedades que não cumpriram a lei e, ao dar anistia a elas, a LPVN favorece economicamente autores de crimes ambientais “ao permitir que não respondam legalmente pelos danos que cometeram e possibilitar que continuem a lucrar com o cultivo de áreas ocupadas irregularmente no passado, enquanto que os proprietários que cumpriram a lei anterior não podem se valer desse benefício” (Brançalion *et al.*, 2016). A construção desse cenário promove a permanência da dendeicultura em áreas anteriormente ilegais, como em APP’s e ARL’s, especialmente, devido à efetivação de projetos e programas de expansão do cultivo de dendezeiros que se estenderam de 2000 a 2008. Nesse período, já havia sido iniciada a inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva, sistemas caracterizados por pequenas propriedades, como o projeto Arauaí I, iniciado em 2002 (Nahum; Santos, 2022), enquadrando-se aos artigos 61-A e 67 da LPVN, abordados acima.

Outro importante ponto está relacionado ao consentimento no cultivo permanente de espécies exóticas na composição de até 50% de ARL, disposto no § 3º do art. 66 da LPVN. Concomitantemente, a porcentagem inicial de 80% de RL para propriedades rurais na Amazônia pode ser reduzida para até 50% para fins de recomposição, de acordo com § 4º do art. 12 da mesma lei. Esses dois mecanismos conferem um espaço privilegiado na esfera legal ao cultivo do dendê, ao ser considerada espécie exótica de reflorestamento, sendo, ao mesmo tempo, palmeira agroindustrial.

A partir de 2004 se torna possível identificar e monitorar espacialmente a expansão da dendeicultura, além de outras formas de uso e ocupação do solo, devido ao projeto TerraClass. A disponibilidade de tecnologias e instrumentos foram primordiais nesse processo, ainda exercendo papel fundamental em diversas áreas do conhecimento, sobretudo na fiscalização e na detecção de mudanças no uso e ocupação do solo. Assim, os dados do TerraClass revelam o crescimento dos dendezais na microrregião de Tomé-Açu (Tabela 2). É importante enfatizar que o projeto TerraClass não classifica especificamente as áreas de cultivo de dendezeiros, e sim as áreas de cultura agrícola perene. Nessa região, quase a totalidade dos cultivos perenes são dendezais, portanto, consideramos integralmente a classe “cultivo agrícola perene” localizada na MRTA como áreas de dendezais.

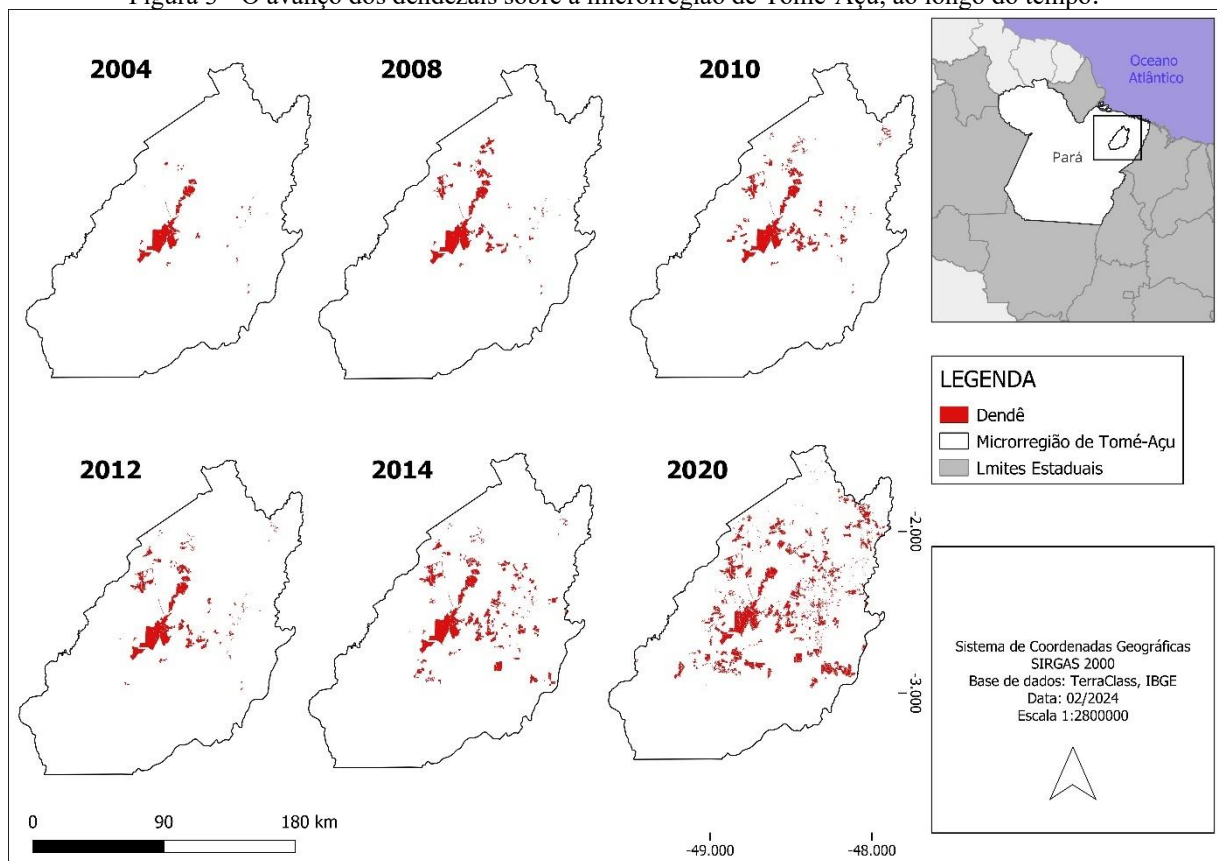
Tabela 2 - Área, em hectares, dos dendezais na microrregião de Tomé-Açu a partir dos dados do TerraClass.

<b>Ano</b>	<b>Área (hectares)</b>
2004	40.117
2008	63.992
2010	73.788
2012	65.314
2014	92.686
2020	166.043,39

Os números materializam-se no espaço onde observamos a proliferação intensa das áreas de cultivo de dendezeiros partindo do centro da MRTA, principalmente após 2004, ano de lançamento do PNPB (Figura 3). Dentro de seus 23.715km<sup>2</sup> de área, em 2020 os dendezais representaram cerca de 7% da área da MRTA, onde atuam grandes empresas como Agropalma, Marborges, BBF e BioPalma. O acúmulo de projeto, leis e projetos de leis de fomento à dendeicultura refletem-se proporcionalmente no uso do território, ao longo do tempo. O intervalo entre 2014 e 2020 apresenta o maior crescimento nas áreas destinadas à colheita de frutos de dendê, é nesse período que são lançadas: a Lei nº 13.576 de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis; Lei nº 13.033 de 2014, que dispõe sobre a adição

obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final; e Decreto nº 10.527 de 2020, que institui o Selo Biocombustível Social.

Figura 3 - O avanço dos dendezais sobre a microrregião de Tomé-Açu, ao longo do tempo.



Fonte: TerraClass, 2020.

## 2.4 Conclusão

Ao longo dessa pesquisa, percebeu-se a associação entre legislação estatal e interesses expansionistas de empresas, que atua na perpetuação do modelo de produção neoeextrativista focado na reprodução do capital. O papel do Estado é legitimar ações de fomento à expansão da dendeicultura, enquanto as empresas materializam, no território, os programas e projetos promovidos pelo estado, catalisando e gerando conflitos latentes e emergentes.



Quando o modelo de produção esbarra em iniciativas sustentáveis de proteção ambiental, independentemente da escala, o mecanismo se readapta, aglutinando e modificando conceitos de acordo com seus interesses de mercado. A integração da agricultura familiar é um exemplo disso, em que, no discurso, busca gerar renda, autonomia e melhoria de vida ao agricultor, mas na prática subverte sua mão de obra e sua terra.

Testemunhamos a transgressão premeditada do código ambiental onde o imperativo da expansão e da produção de superávit primário é maior que a preocupação ambiental. Além disso, a falta de integração das legislações ambientais abre precedentes para interpretações difusas, inconsistências e complexidades na estruturação de processos, contribuindo ainda mais na constante marginalização dos instrumentos legais de proteção ambiental frente à expansão da agroindústria em geral.

A falta de integração de conhecimento técnico e científico na elaboração dos programas e planos também solidificou o processo de expansão dos dendezaís, principalmente durante o ciclo progressista. As pesquisas científicas com dendezeiros se limitaram à fase experimental, mas nos grandes projetos, como o PNPB, não há participação da comunidade científica na concepção dos planos de atuação.

Por fim, foi possível observar a insistência no mesmo discurso e modelo de produção, desde a era Vargas, passando pelo período da ditadura militar, até os dias atuais. O discurso, em essência, é o mesmo, somente readaptado às circunstâncias e tendências vigentes. Percebe-se que não há espaço de discussão para propostas alternativas de integração econômica rural, há anos os modelos de produção que atuam até os dias de hoje são considerados como a “única solução para a Amazônia”.

Reitera-se que o cultivo de dendezeiros, em especial integrado à agricultura familiar, traz benefícios às comunidades como a segurança e aumento na renda familiar, proporcionando autonomia financeira onde outrora não havia. Este texto tem como objetivo elucidar questões abstrusas inseridas nas dinâmicas de consolidação dessa atividade na Amazônia ao longo do tempo, especialmente no estado do Pará, polo produtor de dendê no país. Acreditamos que a dendeicultura possa ser executada de uma forma diferente, longe de ser atribuída como única solução e causa dos problemas encontrados na Amazônia.

## Referências

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 3, p. 477–487, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G.; FERRAZ, S. F. B. Long-term assessment of oil palm expansion and landscape change in the eastern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 90, 1 Jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104321>.

ANDRADE, R. de P. "Conquistar a terra, dominar a água, sujeitar a floresta: Getúlio Vargas e a revista "Cultura Política" redescobrem a Amazônia (1940-1941). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, v. 5, n. 2, p. 453–468, 2010.

BECKER, B. K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)? **Confins**, n. 10, 17 nov. 2010. <https://doi.org/10.4000/confins.6609>.

BENAMI, E.; CURRAN, L. M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: Evaluating the 2010 Brazilian Sustainable Palm Oil Production Program. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, 1 Mar. 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa270>.

BICALHO, T.; BESSOU, C.; PACCA, S. A. Land use change within EU sustainability criteria for biofuels: The case of oil palm expansion in the Brazilian Amazon. **Renewable Energy**, v. 89, p. 588–597, 1 Apr. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.017>.

BOMFIM, P. R. D. A. FRONTEIRA AMAZÔNICA E PLANEJAMENTO NA ÉPOCA DA DITADURA MILITAR NO BRASIL: INUNDAR A HILEIA DE CIVILIZAÇÃO. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 1, 31 Aug. 2010. <https://doi.org/10.5216/bgg.v30i1.11191>.

BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1–e16, Apr. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004>.

BRASIL. **Decreto 1.946, de 28 de junho de 1996**. Cria o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 1996.

BRASIL. **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro**. Institui o Novo Código Florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 1965. Available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm).

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 1981. Available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm).

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 1997. Available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm).

BRASIL. **Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 1998. Available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm).

BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 2000. Available at: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm).

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Diário Oficial da União. [S. l.: s. n.], 2012.

CASTELO, T. B. Legislação florestal brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia legal. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 221–242, 2015.

CASTRO, E. M. R. de. **Territórios em transformação na Amazônia:** saberes, rupturas e resistências. 1st ed. Belém: NAEA, 2017. v. 1.

CAZZOLLA GATTI, R.; LIANG, J.; VELICHEVSKAYA, A.; ZHOU, M. Sustainable palm oil may not be so sustainable. **Science of the Total Environment**, v. 652, p. 48–51, 20 Feb. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.222>.

CONDURÚ, J. M. **Notas sumárias sobre a cultura do dendê na Amzônia.** [S. l.: s. n.], 1957.

DAMIANI, S.; GUIMARÃES, S. M. F.; MONTALVÃO, M. T. L.; PASSOS, C. J. S. “All That’s Left is Bare Land and Sky”: Palm Oil Culture and Socioenvironmental Impacts on a Tembé Indigenous Territory in the Brazilian Amazon. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, p. 1–25, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20190049R2VU2020L6AO>.

DIAS, F. G.; LIMA, A. M. de; SILVA, E. V. da; SOUZA, H. E. N. Diagnóstico geoambiental da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Acará, Amazônia Oriental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 320, 30 Sep. 2020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020320-342>.

FERREIRA, S. C. G.; LIMA, A. M. M. de; CORRÊA, J. A. M. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

HOMMA, A. K. O. **Cronologia do cultivo do dendezeiro na Amazônia.** 2016. Available at: [www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac).

HOMMA, A. K. O.; VIEIRA, I. C. G. **Colóquio sobre dendezeiro:** prioridades de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia. Belém: [s. n.], 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Produção agrícola municipal.** 2022. Available at: [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?utm\\_source=landing&utm\\_medium=explica&utm\\_campaign=producao\\_a\\_gropecuaria&t=resultados](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=producao_a_gropecuaria&t=resultados). Accessed on: 7 Jan. 2024.

JOANONI NETO, V.; GUIMARÃES NETO, R. B. **Amazônia:** políticas governamentais, práticas de “colonização” e controle do território na ditadura militar (1964-85). [S. l.: s. n.], 2019.

KUSS, V. V.; KUSS, A. V.; DA ROSA, R. G.; ARANDA, D. A. G.; CRUZ, Y. R. Potential of biodiesel production from palm oil at Brazilian Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1013–1020, 9 Jun. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.055>.

ALIER, Joan Martínez; JUSMET, Jordi Roca. **Economía ecológica y política ambiental**. [S.l.]: Fondo de Cultura económica, 2000.

MEIJAARD, E.; BROOKS, T. M.; CARLSON, K. M.; SLADE, E. M.; GARCIA-ULLOA, J.; GAVEAU, D. L. A.; LEE, J. S. H.; SANTIKA, T.; JUFFE-BIGNOLI, D.; STRUEBIG, M. J.; WICH, S. A.; ANCRENAZ, M.; KOH, L. P.; ZAMIRA, N.; ABRAMS, J. F.; PRINS, H. H. T.; SENDASHONGA, C. N.; MURDIYARSO, D.; FURUMO, P. R.; ... SHEIL, D. The environmental impacts of palm oil in context. **Nature Plants**, v. 6, n. 12, p. 1418–1426, 1 Dec. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>.

MOTA, D. M. da; RIBEIRO, L.; SCHMITZ, H. A organização do trabalho familiar sob a influência da produção de dendê em Tomé-Açu, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciencias Humanas**, v. 14, n. 2, p. 531–551, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000200014>.

MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J.; CELESTINO FILHO, P. **A Embrapa Amazônia Oriental e o agronegócio do dendê no Pará**. [S. l.: s. n.], 2006.

NAHUM, J. S. Região, discurso e representação: a Amazônia nos planos de desenvolvimento. **Boletim de Geografia**, v. 29, n. 2, 20 Apr. 2011. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v29i2.11001>.

NAHUM, J. S.; BASTOS, C. dos S. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 469–485, 2014. .

NAHUM, J. S.; MALCHER, A. T. C. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). **Confins**, n. 16, 20 Nov. 2012. <https://doi.org/10.4000/confins.7947>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Dendê para quê? Dendê para quem? A ideologia da fronteira na Amazônia paraense. **Revista NERA**, v. 42, p. 113–134, 2018. Available at: [http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos\\_diretrizes.htm](http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos_diretrizes.htm).

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Formação dos projetos de agricultura familiar com dendezeiro na Amazônia paraense. **Revista Campo-Território**, v. 17, n. 46, p. 201–222, Ago. 6 Sep. 2022. <https://doi.org/10.14393/rct174609>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense. **Revista Acta Geográfica**, Ed. Esp. p. 63–80, 2013. <https://doi.org/10.5654/actageo2013.0003.0004>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. O boom do dendê na microrregião de Tomé-Açu, na Amazônia paraense. **Confins**, n. 25, 4 nov. 2015. <https://doi.org/10.4000/confins.10536>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, L. de S.; SANTOS, C. B. dos. Formação da dendeicultura na Amazônia paraense. **Mercator**, v. 19, n. 3, p. 1–14, 15 Mar. 2020a. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19007>.

NOGUEIRA, P.; PASSOS, C.de. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, 17 Dec. 2009. Available at: <https://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/18>. Accessed on: 3 Mar. 2024.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia**. [S. l.]: Embrapa Solos, 2010.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**. 3rd ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. vol. 1, .

SANTOS, A. R. da S.; FARIAS, A. L. A. de; LOPES, L. O. do C. Conflitos socioambientais: análise das estratégias das empresas de dendê na Amazônia paraense. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 39, p. 211–231, 2020. Available at: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts>.

SANTOS, L. S.; NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. A formação da dendeicultura na Amazônia. **Revista Campo-Território**, v. 15, n. 35 abr., p. 01–31, 10 Jun. 2020. <https://doi.org/10.14393/rct153501>.

SASWATTECHA, K.; KROEZE, C.; JAWJIT, W.; HEIN, L. Assessing the environmental impact of palm oil produced in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 100, p. 150–169, 1 Aug. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.037>.

SECRETO, M. V. A ocupação dos “espaços vazios” no governo Vargas: do discurso do “Rio Amazonas” à saga dos soldados da borracha. **Estudos Históricos**, n. 40, p. 115–135, 2007. .

SOUSA, R. B. de; MACEDO, C. O. Agronegócio do dendê e campesinato no Pará. **Geosul**, v. 34, n. 71, p. 525–549, 7 May 2019. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n71p525>.

SOUZA, R. R. N. de; VIANA, L. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Avaliação de Impacto Ambiental na Dendeicultura e Agricultura Familiar no município de Acará-Pará (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 14–38, 2019. .

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. **A revisão do código florestal brasileiro**. [S. l.: s. n.], 2011.

SVAMP, M. **As fronteiras do neoextrativismo na América Latina: Conflitos sociambientais, giro ecoterritorial e novas dependências**. 1st ed. [S. l.: s. n.], 2019.

TARLAU, Rebecca.; PAHNKE, Anthony. **Engaging the Brazilian state: the Belo Monte dam and the struggle for political voice**. p. 81–100, 2 Feb. 2018. DOI 10.4324/9781315619743-7. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315619743-7/engaging-brazilian-state-belo-monte-dam-struggle-political-voice-peter-taylor-klein>. Accessed on: 20 Apr. 2024.

VILLELA, A. A.; JACCOUD, D. B.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. V. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v. 67, p. 270–278, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.005>.

WICKE, B.; SIKKEMA, R.; DORNBURG, V.; FAAIJ, A. Exploring land use changes and the role of palm oil production in Indonesia and Malaysia. **Land Use Policy**, v. 28, n. 1, p. 193–206, Jan. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.06.001>.

### **CAPÍTULO 3 DETECÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS DA DENDEICULTURA NA AMAZÔNIA: COMPARAÇÃO ENTRE ABORDAGENS *PER-PIXEL* E *PER-OBJECT***

#### **Resumo**

O crescimento exponencial das áreas destinadas à plantação de dendezeiros, nas últimas décadas, está associado ao modelo industrial neoextrativista do mercado de palma, gerando intensa pressão sobre os recursos naturais. No Brasil, a produção de palma está concentrada na microrregião de Tomé-Açu, no Pará, onde são observados impactos socioambientais relacionados a essa cultura. Assim, o uso de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento desempenha um papel crucial no monitoramento dos danos ambientais decorrentes da expansão dos dendezais, especialmente na Amazônia, onde a detecção precisa dessas plantações é desafiadora devido à sua semelhança espectral com outras coberturas do solo. O estudo visa comparar a eficácia das abordagens *per-pixel* e *per-object* na detecção de dendezais na Amazônia, utilizando diferentes combinações de bandas, índices de vegetação e algoritmos de classificação. A área de estudo compreende parte da microrregião de Tomé-Açu, onde está localizada a maior quantidade de áreas de dendezais. Os testes foram feitos em quatro conjunto de bandas diferentes. Foram testados, na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), os algoritmos *random forest*, *CART* e *minimum distance*. A utilização das bandas do visível e do infravermelho, juntamente com os índices de vegetação, obtiveram os melhores resultados. O algoritmo *random forest* obteve as melhores performances. A abordagem GEOBIA demonstrou-se superior à abordagem *per-pixel* na detecção de dendezais.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto; uso e ocupação do solo; geoprocessamento; google earth engine; GEOBIA.

### **DETECTION OF ENVIRONMENTAL DAMAGES CAUSED BY PALM OIL CROPS IN THE AMAZON: A COMPARISON BETWEEN *PER-PIXEL* AND *PER-OBJECT* APPROACHES**

#### **Abstract**

The exponential growth of areas allocated for oil palm cultivation in recent decades is associated with the neoextractivist industrial model of the palm market, generating intense pressure on natural resources. In Brazil, palm oil production is concentrated in Tomé-Açu, Pará, where socio-environmental impacts related to this crop are observed. Thus, the use of remote sensing and geoprocessing technologies plays a crucial role in monitoring environmental damage resulting from the expansion of oil palm plantations, especially in the Amazon, where accurate detection of these plantations is challenging due to their spectral similarity with other land covers. The study aims to compare the effectiveness of *per-pixel* and *per-object* approaches

in detecting oil palm plantations in the Amazon, using different combinations of bands and classification algorithms. The study area comprises a portion of the Tomé-Açu microregion, where the largest number of oil palm areas are located. Tests were conducted on four different sets of bands. The test of the algorithms *random forest*, *CART* and *minimum distance* was carried in the Google Earth Engine platform. The use of the band set of the visible and infrared spectrum, added with vegetation indexes, had the best performance. The random forest showed the best accuracy results. The GEOBIA approach was superior to per pixel approach in palm oil crops detection.

**Keywords:** remote sensing; land use and cover; geoprocessing; google earth engine; GEOBIA.

### 3.1 Introdução

A partir dos anos 2000, a demanda global crescente por óleo de palma fez com que essa se tornasse uma das principais commodities no mundo (Corley, 2009). Essa demanda é motivada pela capacidade de uso múltiplo do óleo de palma entre diferentes setores, como o alimentício, industrial e de energias. Para alcançar este patamar, países localizados na faixa tropical como Indonésia, Malásia, Tailândia, Colômbia, Nigéria e Brasil aumentaram significativamente suas áreas destinadas ao plantio de palma de óleo ao longo dos anos, saltando de 36.210 km<sup>2</sup> em 1961 para 289.097 km<sup>2</sup> em 2023, em todo o mundo<sup>8</sup>. Entretanto, os custos ambientais e sociais em detrimento desse rápido crescimento podem ser observados na perda significativa de áreas florestadas nesses países, como ocorrido nas regiões de Borneo e Sumatra (Meijaard *et al.*, 2020).

No Brasil, o polo de produção da palma está na microrregião de Tomé-Açu, no estado do Pará, onde se encontra cerca de 94% da produção nacional, sendo a maior lavoura permanente (em hectares) produzida no estado<sup>9</sup>. Trabalhos indicam que algumas áreas de cultivo da palma se expandiram sob áreas de preservação permanente e áreas de floresta (Almeida; Vieira, 2014b; de Almeida; Vieira; Ferraz, 2020), além de estarem relacionadas com conflitos de terra, descampesinização, pressão sobre os recursos hídricos e impactos na estrutura fundiária (Ferreira; Lima; Corrêa, 2014a; Nahum; Bastos, 2014). Este cenário traz preocupações complementares por ainda estar em processo de expansão e por ocorrer na Amazônia, região de biodiversidade endêmica, funcionalidade relevante em processos

---

<sup>8</sup><https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=area-harvested>

<sup>9</sup> <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>



climáticos locais e globais, serviços ecossistêmicos, e seu importante papel no balanço de radiação e carbono (Marengo *et al.*, 2018; Soares-Filho *et al.*, 2010).

Frente a esse cenário, as tecnologias de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento exercem um importante papel no auxílio ao monitoramento dos danos ambientais causados pela expansão dos dendezais no Brasil, sobretudo na Amazônia. Algumas aplicações em dados de sensoriamento remoto sobre palma de óleo podem ser encontradas na literatura, seja na caracterização da expansão de dendezais a nível comercial na América Latina (Furumo; Aide, 2017), na previsão de desflorestamentos relacionados à palma de óleo (Sboui; Saidi; Lakti, 2023), no mapeamento de plantações de dendezais utilizando dados de radar (PALSAR) (Li *et al.*, 2015), na detecção de dendezais através de imagens de satélite de alta resolução (Srestasathiern; Rakwatin, 2014) e na avaliação de emissão de carbono pela conversão de florestas em dendezais (Carlson *et al.*, 2013), além de outras. Já na escala da região amazônica, destacam-se os trabalhos de Almeida *et al.* (2020) sobre a expansão dos dendezais e as mudanças ocasionadas na paisagem na região do Moju; Sousa *et al.* (2022) pesquisou sobre a fotointerpretação de imagens de satélite para identificar dendezais na microrregião de Tomé-Açu; Campos *et al.* (2020) compararam o albedo de superfície da palma de óleo com diferentes usos do solo; Benami *et al.* (2018), que analisaram a conversão de cobertura da terra pela expansão dos dendezais no estado do Pará sob o contexto do PPSOP; e Gutiérrez-Vélez *et al.* (2011) que quantificaram a contribuição da expansão dos dendezais no desflorestamento entre 2000 e 2010 na Amazônia peruana.

A classificação digital de imagens de satélite é uma metodologia promissora em detectar mudanças em escalas multitemporais, além de ser capaz de identificar nuances não perceptíveis através de uma análise analógica (visual). Esse processamento consiste em ter o conhecimento prévio da cobertura do terreno da área de interesse, onde a partir delas são determinadas as classes de uso do solo a serem analisadas. As amostras de treinamento são identificadas através de uma análise conjunta de trabalhos de campo e interpretação de imagens de alta resolução multiespectrais. A partir disso, a classificação pode seguir uma abordagem onde a cena inteira é processada pixel a pixel, conhecida como classificação *per-pixel* ou pode ser segmentada em objetos homogêneos e posteriormente classificada, conhecida como classificação *per-object* ou *Geographic Object Based Image Assessment* (GEOBIA) (Jensen, 2015).

Dentre essas diferentes aplicações, a utilização do *Google Earth Engine* (GEE) na classificação supervisionada vem se tornando cada vez mais frequente na literatura, por proporcionar um extenso banco de dados e armazenamento em nuvem. Alguns exemplos de sua aplicação na temática da palma de óleo são observados nos trabalhos de Lee *et al.* (2016)

sobre a avaliação da eficácia de algoritmos de classificação na detecção de dendezaís, e Descals *et al.* (2021) sobre o mapeamento global de alta resolução de plantações de dendezeiros de diferentes portes. Em relação ao método *per-object*, a abordagem *Geographic Object Based Image Assessment* (GEOBIA) também é bastante utilizada em estudos ambientais (Rosa *et al.*, 2021; Souza-Filho *et al.*, 2018; Zaki *et al.*, 2022), entretanto há poucas aplicações em relação à detecção de dendezeiros (Chemura; Van Duren; Van Leeuwen, 2015; Wong *et al.*, 2023).

Diante da extensa disponibilidade de diferentes algoritmos de classificação que podem ser aplicados, verificar qual possui a melhor eficiência em determinada área torna-se primordial na obtenção de resultados consistentes e precisos, haja vista que diferentes regiões possuem dinâmicas territoriais com características próprias que precisam ser levadas em consideração (Prudente *et al.*, 2017). Além disso, a classificação de dendezaís, na Amazônia e no mundo, é um desafio por se tratar de uma cultura com assinatura espectral muito semelhante com outras formas de uso e ocupação do solo como florestas, outros tipos de cultivo (como o côco) e entre si mesma, pois apresenta-se no espaço com diferentes níveis de maturação, condições e espécies, o que dificulta ainda mais o seu monitoramento (Lee *et al.*, 2016).

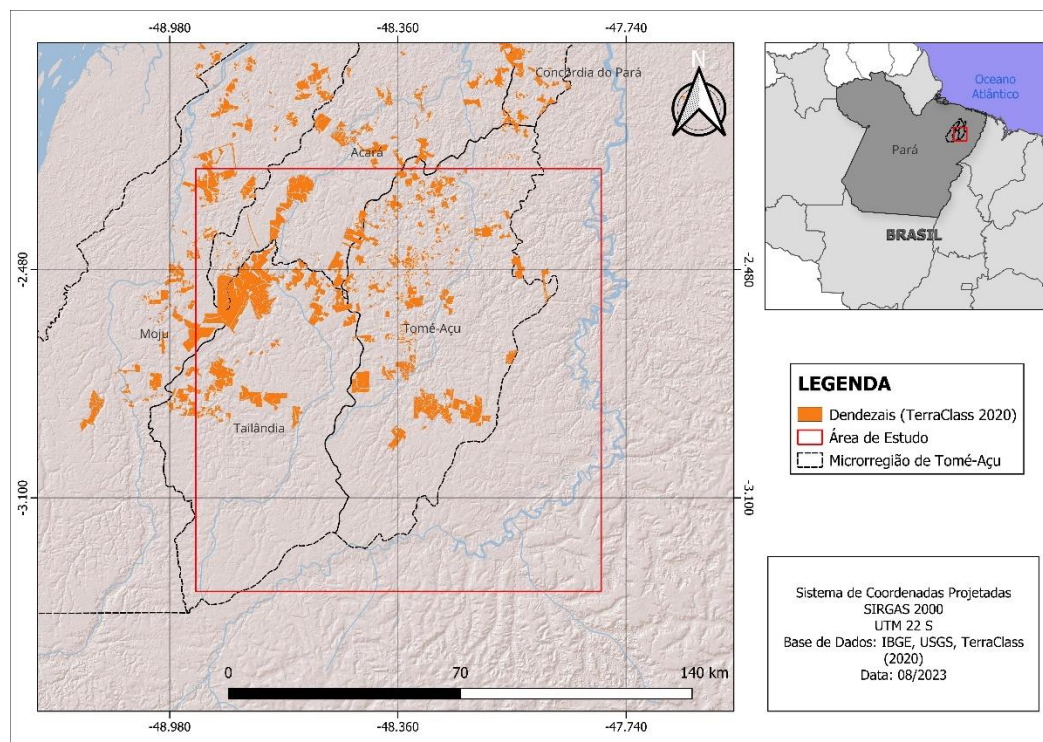
Dada a importância e necessidade da pesquisa, busca-se responder a seguinte pergunta norteadora: dentre as abordagens *per-pixel* e *per-object*, qual é mais eficiente na detecção de danos ambientais causados por dendezaís na Amazônia? Dessa forma, o objetivo do trabalho consiste em identificar qual método de classificação supervisionada possui maior precisão na detecção de danos ambientais causados pela expansão de dendezaís, especificamente na conversão de florestas, em parte da microrregião de Tomé-Açu. Assim, consideramos danos ambientais a conversão de áreas de floresta por monocultivos de dendezeiros. Para isso, serão testadas as duas abordagens (*per-pixel* e *per-object*) a partir de diferentes combinações de bandas, índices de vegetação e algoritmos de classificação.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Área de Estudo**

Para analisar a eficiência das metodologias propostas na detecção dos dendezaís, escolheu-se como área de estudo uma porção da Microrregião de Tomé-Açu (MRTA), com 15.574,85 km<sup>2</sup> de área. Essa porção engloba as maiores áreas de monocultivo de dendezeiros da MRTA. Como busca-se identificar os dendezaís no contexto em que estão inseridos, ou seja, como os instrumentos os detectam considerando a variação espectral dos usos e ocupações do solo ao seu redor, esta região torna-se ideal, dada a sua importância na produção nacional de dendê (Figura 4).

Figura 4 - Localização da área de estudo.



Dos municípios que integram a MRTA, a área de estudo engloba partes de Tailândia, Tomé-Açu e Acará. Essas cidades são as maiores produtoras de dendê da microrregião e tem como base de suas economias a agropecuária. Além do plantio de dendezeiros, a região também produz secundariamente, tal como indicam os dados da produção agrícola, mandioca, milho, soja, madeira em tora, rebanho bovino e galináceos<sup>10</sup>. Essa dinâmica territorial da região, inserida no contexto da dendeicultura, confere-lhe características espaciais singulares passíveis de detecção remota em escala temporal.

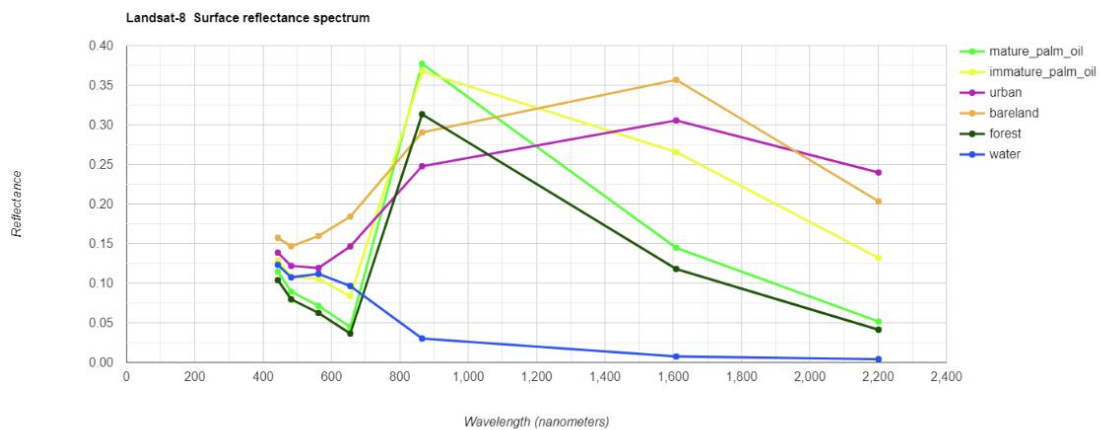
### 3.2.2 Características espectrais do dendezeiro

Para entender como os satélites detectam os dendezais, e os desafios por trás desta tarefa, antes precisamos compreender como a radiação eletromagnética interage com a superfície terrestre, especialmente com a vegetação. As estruturas da folha recebem radiação de onda curta incidente proveniente do sol e interagem com ela. Parte dessa radiação é absorvida, parte é transmitida para as outras estruturas da folha, parte é emitida como radiação de onda longa, e parte é refletida. Para o sensoriamento remoto, a porção que interessa é a radiação que é

<sup>10</sup> <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>

refletida, pois é ela que é detectada pelos sensores a bordo dos satélites. Nas plantas, a faixa de comprimento de onda que é mais absorvida compreende à luz visível ( $0.35 - 0.70 \mu\text{m}$ ), isso ocorre, pois, as ondas eletromagnéticas provenientes dessa faixa possuem maior quantidade de energia necessária para a manutenção das funções metabólicas das plantas, as quais possuem estruturas que evoluíram para captar essa faixa do espectro. Entre  $0,85$  e  $0,88 \mu\text{m}$ , faixa que compreende ao infravermelho próximo, a radiação é majoritariamente refletida (Figura 5) (Jensen, 2014).

Figura 5 - Nível de reflectância por comprimento de onda de diferentes classes de uso e ocupação do solo.

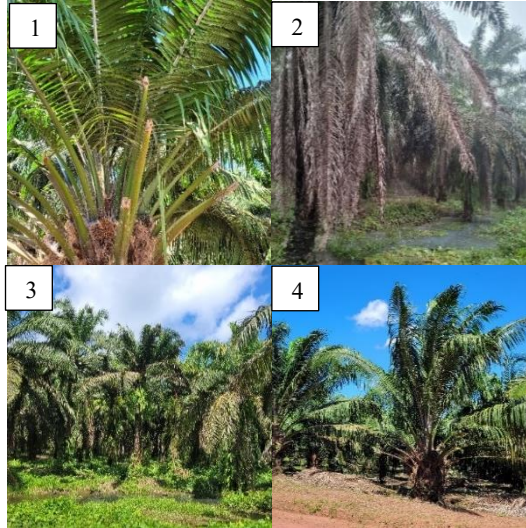


Os dendezaís possuem uma variabilidade espectral ampla, além de apresentarem similaridades com áreas de floresta e outros tipos de cultivo, o que dificulta a sua detecção. Os principais fatores que afetam a reflectância, ou seja, a detecção da vegetação, estão relacionados ao pigmento das folhas, nível de água intracelular, índice de área foliar, orientação, nível de fechamento do dossel, densidade e dentre outros. Esses parâmetros associam-se ao nível de maturação das folhas das plantas. Dendezeiros jovens (3-6 anos) apresentam uma coloração verde clara, havendo maior reflectância na faixa da luz visível devido a menor quantidade de clorofila em suas folhas se comparados com dendezeiros maduros (7 – 11 anos), como também pode ser observado na Figura 5 (Barcelos *et al.*, 1987; Jensen, 2014, 2015).

A falta de manutenção da planta, a qual inclui atividades como a roçagem, fertilização, poda entre outros, também é um fator que influencia na sua detecção. A presença de folhas mortas, quando não são podadas, também alteram o nível de reflectância e, conseqüentemente, a detecção do dendezeiro. Doenças como Amarelecimento Fatal (AF) também alteram a pigmentação das folhas (Barcelos *et al.*, 1987; Campos; Adami; Araújo, 2021; Jensen, 2014).

Enfim, são diversos os fatores que tornam a detecção de dendezaís um desafio para o sensoriamento remoto (Figura 6).

Figura 6 - (1) Dendezeiro podado e saudável, (2) dendezeiro com folhas mortas não podadas, (3) dendezeiro com dossel alto fechado, (4) dendezeiro com dossel baixo aberto.



Nas cenas captadas pelo sensor remoto, essas diferenças são percebidas em diferentes tonalidades de acordo como elas interagem com a radiação. Assim, as diferentes circunstâncias nas quais as plantações de dendezeiro podem estar inseridas, afetam em como sua assinatura espectral se manifestará na sua detecção. Plantações jovens possuem maior reflectância na faixa da luz visível, enquanto que na faixa do infravermelho, tanto plantações jovens quanto maduras possuem alta reflectância, manifestada em tons de vermelho claro (Figura 7). Mais detalhes sobre a interpretação orbital de imagens de sensoriamento remoto na identificação de dendezaís podem ser encontrados no trabalho de Santos *et al.* (2022).

Figura 7 - Diferenças espectrais do dendê captadas pelo sensor OLI, do satélite LandSat-8 (1) Composição R4G3B2 (Cor real), (2) Composição R5G4B3 (falsa cor infravermelho).





### 3.2.3 Índices de vegetação

Os índices de vegetação são medidas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação, maximizando a sensibilidade de parâmetros biofísicos das plantas (Jensen, 2014). Com o objetivo de aumentar a disponibilidade de informações para o treinamento das amostras, índices de vegetação (VI's) foram calculados e adicionados ao conjunto de bandas da imagem. Assim, testamos se há melhoria na precisão das classificações quando estes índices são utilizados. A incorporação de uma camada de textura à base de dados, como um índice de vegetação, é amplamente realizada na literatura com o objetivo de contribuir na geração de classificações mais precisas (Conceição; Chaves; Mataveli, 2020; Rosa *et al.*, 2021; Sboui; Saidi; Lakti, 2023).

Os VI's utilizados nesta análise foram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Melhorado (EVI) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). O NDVI é bem conhecido na literatura e possui diversas aplicações, como a avaliação da relação entre a temperatura da superfície terrestre (Yue *et al.*, 2007), a estimativa da biomassa acima do solo (Zhu; Liu, 2015) e o uso como ferramenta para classificação de florestas (Jia *et al.*, 2014). Este índice destaca melhor a vegetação, uma vez que o comprimento de onda vermelho é mais absorvido pela clorofila enquanto o infravermelho próximo é mais refletido; a diferença entre eles fornece valores normalizados mais altos para a vegetação (Jensen, 2014). Ele é calculado por:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Onde NIR é a banda relacionada com a Refletância no Infravermelho Próximo; e RED é a banda relacionada com a cor vermelha no espectro visível.

De acordo com Jensen (2014), o EVI é "um NDVI modificado com um fator de ajuste de solo, L, e dois coeficientes, C1 e C2, que descrevem o uso da banda azul na correção da banda vermelha para o espalhamento de aerossóis atmosféricos". Normalmente, o valor de 1,0 é atribuído a L, e 6,0 e 7,5 a C1 e C2, respectivamente. "G" é um fator de ganho definido como 2,5. O EVI é calculado por:

$$EVI = 2.5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 * Red - 7.5 * Blue + 1)} \quad (2)$$

O SAVI é conhecido por minimizar o ruído do solo, o qual é inerente ao NDVI. Pode ser calculado pela seguinte equação:

$$SAVI = (1 + L) \frac{(nir - red)}{(nir + red + L)} \quad (3)$$

Onde NIR é a banda relacionada com a Refletância no Infravermelho Próximo; RED é a banda relacionada com a cor vermelha no espectro visível; L é o fator de ajuste do fundo do dossel, normalmente o valor de 0,5 é adotado.

### 3.2.4 Abordagem Per-pixel

A principal característica da classificação supervisionada *per-pixel* consiste na extração de informações de cobertura da terra baseada em pixels individuais. A coleta de amostras de treinamento/regiões de interesse referente à cada classe estipulada, pode ser feita através de pontos ou polígonos, onde cada ponto refere-se a um pixel localizado na imagem e o polígono refere-se ao conjunto dos pixels localizados dentro do polígono. Para esse artigo, as amostras de treinamento foram coletadas por pequenos polígonos uniformes de 3.420 m<sup>2</sup>. Ao todo, foram coletadas 3.211 amostras entre as classes: dendê maduro, dendê não maduro, floresta, pasto, solo exposto, água, nuvens e sombra. Essas amostras são processadas e compreendidas pelo algoritmo, onde é gerado um modelo de treinamento que é utilizado para classificar a imagem (Jensen, 2015).

A escolha das classes foi baseada em Lee et al (2016) e a seleção dos pontos foi feita a partir de conhecimento prévio da área de estudo, através de imagens de satélite e visitas de campo. A amostragem dos pontos deve ser feita criteriosamente, pois possui implicações importantes na precisão da classificação. Assim, deve-se considerar uma quantidade razoável de pontos/feições. Tamanhos de amostras muito grandes ou muito pequenas podem ser problemáticas para a classificação (Foody, 2009). As amostras foram coletadas manualmente de acordo com cada classe, baseadas nas suas características espectrais, onde 70% foi utilizado para o treinamento e 30% para validação.

A cena utilizada para a análise foi obtida através do catálogo de imagens da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), proveniente da série *Landsat 8* (produto "LANDSAT/LC08/C02/T1\_L2"), do dia 22/07/2022 (*path: 223; row: 062*), coleção 2 Tier 1, calibrada ao nível de refletância de superfície (SR). Essa coleção apresenta diversas melhorias, como maior precisão de correção geométrica<sup>11</sup>. As bandas utilizadas na análise foram as de resolução espacial de 30 metros (Tabela 3). A banda termal (ST\_B10) foi utilizada somente na abordagem GEOBIA, pois nesse método as regiões “sem dados”, presentes nessa banda, não influenciam no resultado da classificação devido à segmentação. Isso não ocorre com a abordagem per-pixel, onde, ao incluir a banda termal, as regiões vazias são aglutinadas ao

---

<sup>11</sup> <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-level-1-data>

resultado final da classificação. A banda 1 (ultra blue) não foi utilizada na análise, pois, após testes prévios, observamos a redução nos valores dos índices de precisão, quando adicionada aos *datasets*.

Tabela 3 - Informações técnicas do produto utilizado na análise. Fonte: USGS.

Nome	Bandas	Comprimento de onda	Resolução (m)
*SR B1	Band 1 (Coastal aerosol)	0,43 – 0,45	30
SR B2	Band 2 (Blue)	0,45 – 0,51	30
SR B3	Band 3 (Green)	0,53 – 0,59	30
SR B4	Band 4 (Red)	0,64 - 0,67	30
SR B5	Band 5 (Near Infrared)	0,85 – 0,88	30
SR B6	Band 6 (ShortWave Infrared 1)	1,57 – 1,65	30
SR B7	Band 7 (ShortWave Infrared 2)	2,11 – 2,29	30
**ST B10	Band 10 (Thermal Infrared -TIRS 1)	10,60 – 11,19	100

**Nota:** \* Excluída da análise; \*\*Utilizada somente na abordagem GEOBIA.

Foram testados diferentes algoritmos de classificação entre diferentes combinações de bandas (Tabela 4). Os algoritmos presentes no GEE performam classificações supervisionadas e não supervisionadas baseadas em pixel e também em objetos. Neste trabalho, foram testados os algoritmos de classificação supervisionada *RandomForest*, *CART* e *Minimum Distance – Mahalanobis*. Baseado em Lee *et al.* (2016), optou-se por testar o algoritmo mais simples e com menor demanda computacional como o *Minimum Distance*<sup>12</sup>, e dois *machine learnings*, mais complexos, sendo o *RandomForest*<sup>13</sup> e *CART*<sup>14</sup>, algoritmos que apresentaram bons resultados na detecção de dendzeais no trabalho do autor.

Tabela 4 - Composição dos Datasets testados.

Dataset	Bandas
Dataset 1	Todas as bandas + VI's
Dataset 2	Todas as bandas
Dataset 3	SR B5, SR B6, SR B7 + VI's
Dataset 4	SR B5, SR B6, SR B7

### 3.2.5 GEOBIA

A aplicação da abordagem GEOBIA também foi sucedida na plataforma GEE, onde os mesmos pontos de treinamento e validação foram aplicados. Diferente da classificação *per-pixel*, a abordagem GEOBIA classifica a imagem a partir de objetos, através de uma etapa adicional chamada “segmentação”. Esse processo consiste no agrupamento de pixels similares em regiões/objetos, associado a um tratamento estatístico responsável para a extração das informações espectrais dos objetos. O agrupamento depende de parâmetros de entrada a partir

<sup>12</sup> <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-classifier-minimumdistance>

<sup>13</sup> <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-classifier-smilerandomforest>

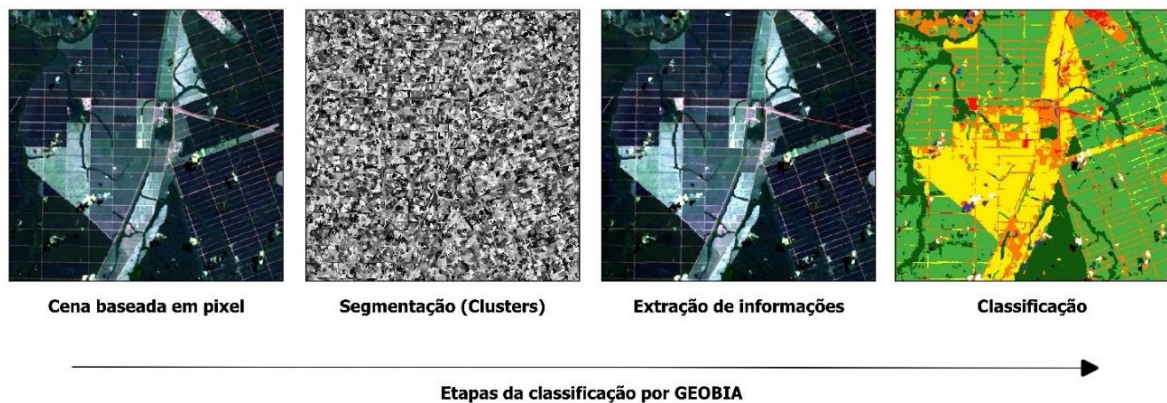
<sup>14</sup> <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-classifier-smilecart>



do usuário, que variam de acordo com o *software* e o algoritmo utilizado para a segmentação, influenciando na quantidade, tamanho e forma dos objetos criados (Rosa *et al.*, 2021; Souza-Filho *et al.*, 2018).

No GEE, a ferramenta “*ee.Algorithms.Image.Segmentation.SNIC*” possui os parâmetros fator de compactação, conectividade e sementes (que inclui o tamanho da localização inicial do superpixel e o tipo de grade), os quais foram ajustados para os valores 1, 8, 5 e “hex”, respectivamente. Os valores para cada parâmetro variam de acordo com a composição, valores e textura das imagens. Assim, os valores essenciais dos parâmetros, para evitar a sobresegmentação e a supersegmentação, são obtidos através de tentativa e erro, cabendo à interpretação do usuário a percepção da segmentação ideal para a representação dos seus alvos (Kotaridis; Lazaridou, 2023; Rosa *et al.*, 2021).

Figura 8 - Processo geral de aplicação do método GEOBIA.



Os mesmos algoritmos e padrões de classificação usados na abordagem per-pixel foram aplicados na classificação da cena segmentada pela abordagem GEOBIA.

### 3.2.6 Avaliação de precisão

A avaliação da acurácia na classificação de imagens de satélite desempenha um papel crucial na validação e interpretação dos resultados obtidos. Indicadores como *user's accuracy*, *producer's accuracy*, *kappa* e *overall accuracy* fornecem insights valiosos sobre o desempenho e a confiabilidade do modelo de classificação gerado. Esses parâmetros de avaliação da precisão são calculados a partir da matriz de confusão gerada entre a classificação prevista pelo modelo e uma referência (*ground true point*) (Figura 9). Neste artigo, a camada de referência é representada pelos 30% das amostras coletadas.

Figura 9 - Esquema de uma matriz de confusão comum gerada em avaliações de precisão de classificações de imagem de satélite. A diagonal da matriz representa os acertos de cada classe, quando o previsto e a referência coincidem. À direita estão as fórmulas usadas para calcular os parâmetros de avaliação de precisão.

		Reference			$\Sigma$
		Class a	Class b	Class c	
Predicted	Class a	$n_{aa}$	$n_{ab}$	$n_{ac}$	$n_{a+}$
	Class b	$n_{ba}$	$n_{bb}$	$n_{bc}$	$n_{b+}$
	Class c	$n_{ca}$	$n_{cb}$	$n_{cc}$	$n_{c+}$
	$\Sigma$	$n_{+a}$	$n_{+b}$	$n_{+c}$	$n_{++}$

$$user's\ accuracy = \frac{n_{ii}}{n_{i+}}$$

$$producer's\ accuracy = \frac{n_{jj}}{n_{+j}}$$

$$k = \frac{[n * \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)]}$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum n_{kk}}{n_{++}} * 100$$

Fonte: Adaptado de (Foody, 2009).

*User's accuracy* está relacionado com a confiabilidade do resultado da classificação. Mede a probabilidade de um pixel atribuído a uma classe particular pelo modelo, realmente pertencer a essa classe na camada de referência. É calculado pela razão entre o número de pixels corretamente classificados de uma classe (valor da diagonal) e o número total de pixels classificados pelo algoritmo nessa mesma classe (somatório da linha). Esse parâmetro fornece informações sobre a confiabilidade dos resultados da classificação, especificamente, a partir da cena utilizada. Valores elevados para uma determinada classe indicam que os pixels atribuídos a essa classe, pelo modelo, possuem alta probabilidade de realmente pertencerem a essa classe.

O parâmetro *producer's accuracy* mede a probabilidade de um ponto escolhido aleatoriamente da camada de referência (*ground truth*) de uma determinada classe estar corretamente classificada pelo modelo. Sua fórmula é o número de pixels corretamente classificados de uma classe (valor da diagonal) dividido pelo total de pixels observados na camada de referência daquela classe (somatório da coluna). Assim, essa medida fornece informações sobre o quão bem o modelo gerado performa em termos de identificar corretamente uma classe específica. Um alto valor desse parâmetro para uma classe indica que o modelo é eficaz em classificar corretamente pixels pertencentes a essa classe, ou seja, indica a confiabilidade de aplicar o modelo em uma outra cena.

O *overall accuracy* resume a precisão global do modelo, considerando todas as classes em conjunto, e é útil para uma avaliação geral do desempenho da classificação. É calculado pela razão entre a soma de todos os pixels corretamente classificados (diagonal) e o número total de pixels.

O índice Kappa consiste em uma medida que prevê a concordância entre duas ou mais observações, indicando a precisão das interpretações a partir do modelo e de pontos que representam a realidade. Assim, esse índice avalia a concordância da classificação em relação ao real, a partir de uma matriz de confusão. O valor do índice varia de 0 a 1 e está relacionado com o nível de qualidade da classificação.

Tabela 5 - Intervalos referentes ao índice Kappa e suas respectivas qualidades.

Valor do Índice	Qualidade
0	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Avaliação de precisão

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados da análise de acurácia de cada *dataset* testado entres os diferentes algoritmos de classificação, nas abordagens *per-pixel* e *per-object*. Os valores variaram entre 93,81% e 72,73% para *overall accuracy* (OA), e entre 0,922 e 0,671 para Kappa na abordagem *per-pixel*, onde o *random forest* apresentou os maiores valores com o uso dos *datasets* 1 e 2, seguido do classificador *CART* com os *datasets* 1 e 2. Os menores valores foram atribuídos ao *CART* e *minimum distance* com o uso do *dataset* 4. Para a abordagem GEOBIA, os valores variaram de 98,10% a 65,04% para o *overall accuracy*, e entre 0,976 e 0,593 para o Kappa. Semelhante ao resultado obtido na abordagem *per-pixel*, o *random forest*, com o uso dos *datasets* 1 (98.10% e 0.976) e 2 (97,49% e 0,969), foi o algoritmo mais preciso na classificação. Os menores valores foram obtidos pelo algoritmo *minimum distance* em todos os *datasets*.

As médias dos dois conjuntos de dados (Per-pixel e GEOBIA) foram calculados para identificarmos qual método apresentou maior eficiência a partir de uma visão mais ampla. A abordagem *per-pixel* obteve médias de 84,92% para AO e 0,814 para kappa, com desvio padrão de 6,67% e 0,079, respectivamente. O método GEOBIA obteve médias de 90,07% para OA e 0,880 para kappa, com desvio padrão de 10,48% e 0,123, respectivamente. Assim, a abordagem GEOBIA obteve melhor performance na classificação geral da imagem, posto que apresentou os maiores valores de OA e Kappa em todos os *datasets* e *algoritmos*, com exceção do algoritmo *minimum distance* com o uso do *ds* 4.

De maneira geral, os classificadores *random forest* e *CART* obtiveram as melhores performances com a utilização dos *datasets* 1 e 2 nas duas abordagens. As piores performances foram apresentadas pelo algoritmo *minimum distance*. Em relação aos *datasets*, o *ds* 1 (todas as bandas + VI's) e 2 (todas as bandas) obtiveram os melhores resultados, enquanto que *ds* 3 (bandas do infravermelho + VI's) e 4 (bandas do infravermelho) apresentaram as piores performances.

Tabela 6 - Valores de Kappa e Overall accuracy das classificações feitas entres os diferentes *datasets*, classificadores e abordagens.

Per Pixel				GEOBIA			
DataSets	Classificador	OA	Kappa	DataSets	Classificador	OA	Kappa
Ds 1	RF	93.81% <sup>b</sup>	0.922 <sup>b</sup>	Ds 1	RF	98.10% <sup>b</sup>	0.976 <sup>b</sup>
Ds 2	RF	92.96% <sup>b</sup>	0.911 <sup>b</sup>	Ds 2	RF	97.49% <sup>b</sup>	0.969 <sup>b</sup>
Ds 2	CART	91.70% <sup>b</sup>	0.896 <sup>b</sup>	Ds 1	CART	96.97% <sup>b</sup>	0.962 <sup>b</sup>
Ds 1	CART	90.67% <sup>b</sup>	0.884 <sup>b</sup>	Ds 2	CART	96.87% <sup>b</sup>	0.961 <sup>b</sup>
Ds 3	RF	88.39% <sup>oa</sup>	0.854 <sup>a</sup>	Ds 3	RF	96.59% <sup>oa</sup>	0.958 <sup>a</sup>
Ds 3	CART	85.38% <sup>oa</sup>	0.817 <sup>a</sup>	Ds 4	RF	95.68% <sup>oa</sup>	0.946 <sup>a</sup>
Ds 4	RF	82.84% <sup>oa</sup>	0.783 <sup>a</sup>	Ds 3	CART	95.41% <sup>oa</sup>	0.943 <sup>a</sup>
Ds 1	MD	81.82% <sup>oa</sup>	0.781 <sup>a</sup>	Ds 4	CART	94.69% <sup>oa</sup>	0.934 <sup>a</sup>
Ds 2	MD	81.60% <sup>oa</sup>	0.776 <sup>a</sup>	Ds 1	MD	84.47% <sup>oa</sup>	0.812 <sup>a</sup>
Ds 3	MD	78.28% <sup>b</sup>	0.737 <sup>b</sup>	Ds 3	MD	80.19% <sup>b</sup>	0.759 <sup>b</sup>
Ds 4	CART	78.89% <sup>b</sup>	0.736 <sup>b</sup>	Ds 2	MD	79.35% <sup>b</sup>	0.753 <sup>b</sup>
Ds 4	MD	72.73% <sup>b</sup>	0.671 <sup>b</sup>	Ds 4	MD	65.04% <sup>b</sup>	0.593 <sup>b</sup>
$\bar{x}$		<b>84.92%</b>	<b>0.814</b>	$\bar{x}$		<b>90.07%</b>	<b>0.880</b>
s		<b>6,67%</b>	<b>0.0799</b>	s		<b>10,48%</b>	<b>0.1227</b>

**Nota:** A partir do teste T definiu-se o intervalo de confiança das amostras, utilizando 95% de nível de confiança. Valores com a letra “b” se distanciaram significativamente da média das amostras. Valores com a letra “a” não apresentaram diferença significativa da média do conjunto. RF: Random Forest, CART: Classification and Regression Trees, MD: Minimum Distance, OA: Overall Accuracy.

Com o objetivo de entender como os algoritmos performaram na classificação individual das classes “dendê maduro” e “dendê não maduro”, foco desta pesquisa, os valores dos parâmetros *User’s accuracy* (UA) e *producer’s accuracy* (PA) foram calculados e dispostos na Tabela 7 para as duas abordagens. As tabelas com os valores de todas as classes estão anexadas ao final (Apêndice D).

Tabela 7 - Producer’s e User’s accuracy das classes obtidos em cada conjunto de datasets e algoritmos nas abordagens per-pixel e GEOBIA.

Dataset	Classificador	Per-Pixel				GEOBIA			
		Dendê maduro		Dendê não maduro		Dendê maduro		Dendê não maduro	
		UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA
DS 1	RF	91.45%	94.34%	82.26%	77.51%	98.68%	99.34%	91.57%	94.70%
	CART	86.47%	88.24%	77.17%	72.95%	95.73%	98.90%	90.58%	92.83%
	MD	96.31%	82.58%	48.49%	82.98%	98.54%	89.40%	52.33%	83.80%
DS 2	RF	91.78%	89.98%	81.79%	75.08%	99.55%	98.89%	91.89%	94.15%
	CART	90.26%	90.85%	71.25%	74.75%	98.20%	96.89%	87.57%	95.38%
	MD	97.45%	83.22%	49.49%	80.00%	99.74%	84.22%	39.19%	83.08%
DS 3	RF	73.35%	75.16%	80.17%	60.12%	95.68%	94.82%	90.32%	93.02%
	CART	67.50%	66.74%	62.30%	61.89%	94.58%	94.37%	87.77%	95.35%
	MD	86.51%	62.63%	47.04%	75.46%	92.24%	66.89%	46.64%	78.41%
DS 4	RF	64.38%	67.16%	61.09%	43.29%	92.04%	92.44%	84.87%	91.67%
	CART	60.83%	58.90%	46.91%	46.34%	91.17%	91.78%	78.98%	93.91%
	MD	67.86%	72.03%	36.10%	59.76%	68.51%	76.89%	22.20%	76.28%

Nota: UA: User’s accuracy. PA: Producer’s accuracy.

Os resultados indicaram variações na performance dos algoritmos dependendo do *dataset* e das classes de interesse. Considerando os resultados da abordagem *per-pixel*, para a classe dendê maduro, o maior valor de UA (97,45%) foi obtido pelo classificador *minimum distance* com o *dataset 2*; já o maior PA (94,34%) foi obtido pelo classificador *random forest*

com o *dataset* 1. Para a classe dendê não maduro, o maior valor obtido de UA (82,26%) foi observado no algoritmo *random forest* com o uso do *dataset* 1, já o maior valor de PA (82,98%) foi obtido pelo *minimum distance* com o *dataset* 1.

Em relação a abordagem GEOBIA, os três algoritmos obtiveram excelentes resultados de UA para dendê maduro em todos os datasets, com exceção do *MD* com o *DS* 4, onde o maior valor foi 99,74% do algoritmo *MD* com o *DS* 2, seguido do *RF* (99,55%). O maior valor de PA foi obtido pelo *RF* a partir do *DS* 1 (99,34%). Para a classe dendê não maduro, o maior valor de UA foi 91,89%, obtido pelo *RF* com o uso do *DS* 2. Em relação ao PA, o maior valor foi de 95,38%, obtido pelo algoritmo *CART* com o *DS* 2.

Ao analisarmos em conjunto a performance das duas abordagens, observa-se que, de maneira geral, os maiores valores de UA e PA das classes “dendê maduro” e “dendê não maduro” foram obtidos pela abordagem GEOBIA. O *random forest* apresentou a maior consistência entre UA e PA nas duas classes, não havendo flutuações drásticas nos valores. Em relação ao conjunto de bandas utilizado, os *datasets* 1 e 2 apresentaram, no geral, os melhores resultados, com exceção dos valores obtidos pelo UA com o algoritmo *MD* e *dataset* 1 nas duas metodologias.

O êxito nos resultados obtidos com o uso do *Random forest* estão relacionados ao seu modo de operação. Esse algoritmo é um aprendizado de máquina imparcial, que opera a partir de um conjunto de árvores de decisão, onde cada árvore é treinada a partir de um grupo aleatório de variáveis, nesse caso, os valores de reflectância de cada banda e dos índices de vegetação, onde, no final, ao pixel é atribuído a classe que obteve votação majoritária de cada árvore dentro da floresta (Bruce *et al.*, 2020; Jensen, 2015).

Resultados semelhantes foram obtidos no trabalho de Lee *et al.* (2016), onde os autores avaliaram a precisão de algoritmos de classificação da biblioteca do *Google Earth Engine* na detecção de dendezaes maduros e imaturos, na Indonésia. As melhores performances também foram obtidas pelos algoritmos *CART* e *Random forest* com a utilização de todo o conjunto de bandas. Entretanto, no trabalho do autor, foi aplicada somente a abordagem *per-pixel* e não foram utilizados índices de vegetação. Os maiores valores de OA e kappa obtidos pelo autor foi 93,6% e 0,92, respectivamente, valores semelhantes aos obtidos com a abordagem *per-pixel* nesta pesquisa (93,81% e 0,922). Entretanto, a abordagem GEOBIA demonstrou resultados consideravelmente superiores (98,10% e 0,976).

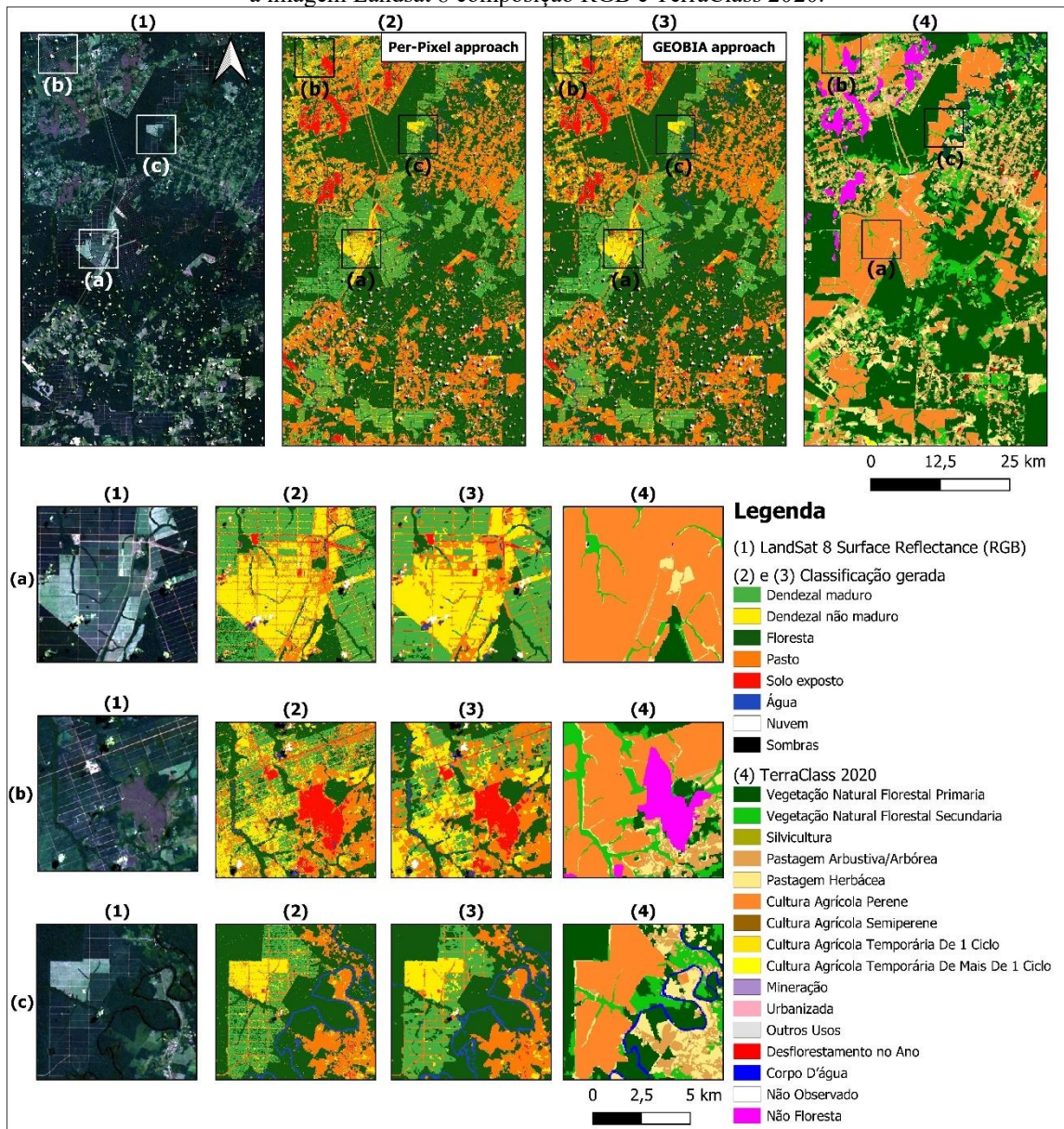
Apesar de a vegetação possuir maior reflectância na faixa do infravermelho, os *datasets* 3 (infravermelho + VI's) e 4 (infravermelho) não obtiveram resultados satisfatórios, assim como o trabalho de Lee *et al.* (2016). Entretanto, quando adicionadas as bandas do visível e os



índices de vegetação (*datasets 1 e 2*), os resultados obtidos foram os mais satisfatórios. Isso indica que a adição de mais informações espectrais (bandas) e de textura (índices de vegetação), teve efeito positivo na distinção das classes pelos algoritmos.

Na Figura 10 é possível observar a comparação entre a cena Landsat 8, cor real (composição R4G3B2), com os modelos que obtiveram maior kappa e *overall accuracy* na abordagem *per-pixel* e *per-object* (*Dataset 1* com *random forest*), e a classificação do projeto TerraClass referente ao ano de 2020. Para uma melhor observação dos detalhes da classificação gerada, destacamos três áreas com a presença de todas as principais classes (dendê maduro, dendê não maduro, floresta, pasto e solo exposto).

Figura 10 - Comparação entre os modelos de classificação com maior índice kappa gerados em cada abordagem, a imagem Landsat 8 composição RGB e TerraClass 2020.



Os resultados evidenciam a eficácia das classificações na prática, especialmente na detecção de dendezaís em diferentes estágios de maturação, como ilustrado na Figura 10 pela comparação entre os resultados e a cena LandSat 8. A importância na detecção de dendezaís não maduros está relacionada no monitoramento da geração dos dendezaís, concebendo informações pertinentes relacionadas à persistência dos dendezaís no espaço. Na abordagem por pixel, características mais sutis, como as estradas que atravessam os talhões, são destacadas com maior precisão. No entanto, uma das desvantagens dessa abordagem é a presença de ruídos, conhecidos como efeito sal e pimenta. Neste caso, o efeito sal e pimenta é representado predominantemente pelos pixels isolados classificados erroneamente como dendezaís maduros em meio às áreas de floresta e vice versa.

Nos dados do TerraClass, não há uma classificação específica para dendezaís, nem a distinção do seu nível de maturação. Nessa base, os dendezaís são agrupados na classe "cultura agrícola perene", que inclui vários outros tipos de cultivos além do dendê. No entanto, na área analisada, a cultura agrícola perene é predominantemente composta pelo cultivo de dendezeiros. É importante ressaltar que os objetivos dos dois produtos são diferentes. Enquanto a classificação gerada neste trabalho busca detectar os dendezaís levando em consideração seus diferentes estágios de maturação e o contexto espacial em que estão inseridos, o TerraClass tem como objetivo principal monitorar o desmatamento e as áreas de pastagem em toda a região amazônica, fornecendo dados que contribuam para o monitoramento das florestas primárias e secundárias e para a compreensão dos padrões de uso e cobertura da terra<sup>15</sup>.

Apesar de a base de dados utilizada no projeto TerraClass ser a mesma (Série Landsat com 30 metros de resolução), observa-se uma maior precisão na classificação realizada nesta pesquisa, especialmente no que diz respeito à identificação das estradas que atravessam os dendezaís. Essa distinção no padrão de monocultivo de dendezeiros não é exclusiva do Brasil, sendo também observada em grandes países produtores como Tailândia e Malásia, o que destaca a importância do reconhecimento dessa característica para a detecção espacial (Descals *et al.*, 2019, 2021; Furumo; Aide, 2017; Lee *et al.*, 2016). Portanto, a capacidade de discernimento dessa característica na classificação realizada neste estudo emerge como uma vantagem significativa em estudos ambientais voltados para o monitoramento de monocultivos de dendezeiros na Amazônia.

Além disso, outra desvantagem observada foi a classificação incorreta de parte dos arruamentos, que deveriam ser categorizados como solo exposto, mas foram erroneamente

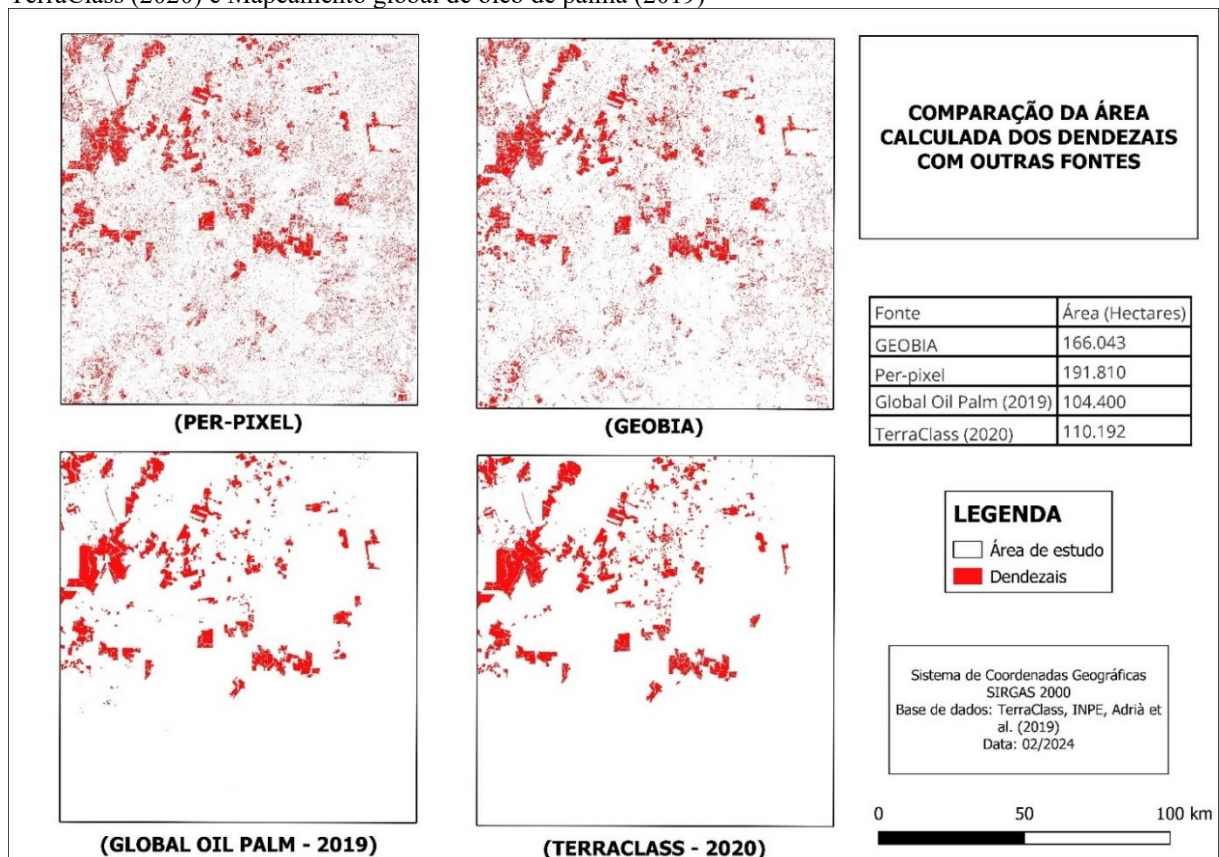
---

<sup>15</sup> [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/dados\\_terraclass.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php)

classificados como pasto pelo algoritmo. Em algumas áreas, foram observadas confusões entre as classes "dendê não maduro" e "pasto", devido a suas semelhanças espectrais em condições específicas, o que também está relacionado à dificuldade de detecção de dendezaís não maduros, como evidenciado na Tabela 6. Essa dificuldade na identificação de dendezaís não maduros também foi destacada no estudo de Lee *et al.* (2016).

Para auxiliar na avaliação da precisão, comparamos a extensão dos dendezaís detectados pelas abordagens por pixel e por objeto realizadas pelo algoritmo *Random Forest*, utilizando o *dataset 1* (que demonstrou melhor desempenho) na área de estudo, com os dendezaís identificados pelo TerraClass 2020 (Cultura agrícola perene) e o mapeamento global de óleo de palma em 2019 (Figura 11). Este último é um produto derivado do estudo de Déscales *et al.* (2021), que mapeou plantações de dendezeiros industriais e de pequenos agricultores em todo o mundo no ano de 2019, utilizando imagens Sentinel-1 e Sentinel-2 com resolução de 10 metros.

Figura 11 - Comparação das áreas de dendezaís detectadas pelas classificações GEOBIA e per-pixel com TerraClass (2020) e Mapeamento global de óleo de palma (2019)



Pela abordagem GEOBIA, a área calculada de dendezaís foi de 166.043 hectares, enquanto que pela abordagem per pixel a área foi de 191.810 hectares, incluindo as classes



"dendê maduro" e "dendê não maduro". A partir do mapeamento global de óleo de palma, a área calculada foi de 104.400 hectares, e a partir do TerraClass, a área foi de 110.192 hectares. Ao analisar a imagem e a tabela, é possível perceber uma superclassificação dos dendezaís com base nos resultados obtidos. Essa superclassificação está relacionada aos ruídos gerados por classificações incorretas de áreas de dendezaís. Assim, os resultados necessitam de um tratamento pós-classificação para remover os ruídos e refinar os resultados para uma representação mais precisa da realidade. No entanto, é importante ressaltar que os dados do mapeamento global de óleo de palma e do TerraClass referem-se aos anos de 2019 e 2020, respectivamente. A análise conduzida neste estudo refere-se ao ano de 2022 e, portanto, é esperado um aumento nas áreas de dendezaís nessa região, considerando as taxas positivas de crescimento observadas nos anos de 2020, 2021 e 2022<sup>16</sup>.

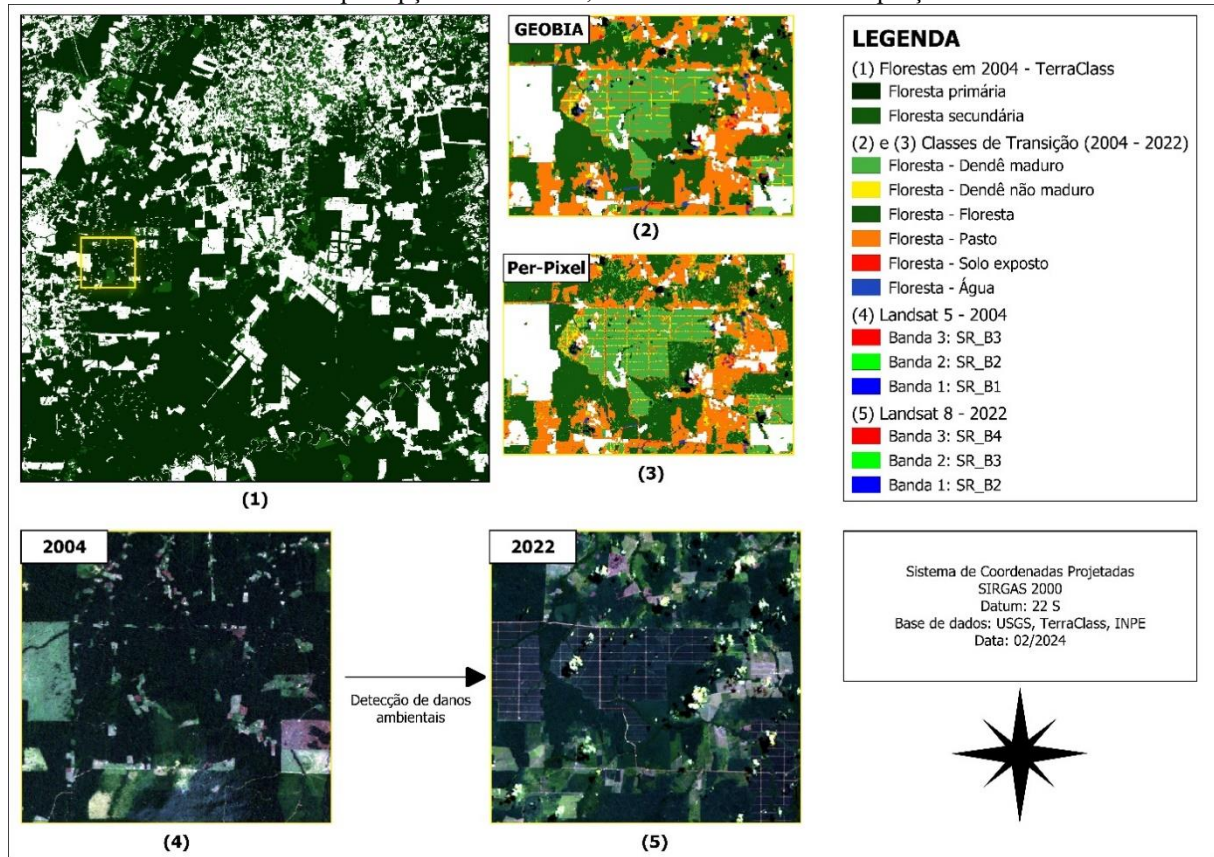
### 3.3.2 Detecção de danos ambientais

A aplicação da classificação para detectar danos ambientais relacionados à conversão de áreas de floresta foi conduzida utilizando a camada de florestas do TerraClass 2004 como máscara para identificar as transições de uso do solo. Isso nos permitiu localizar e quantificar as áreas onde ocorreu a conversão de florestas primárias e secundárias em dendezaís, pastagens e solo exposto, na área de estudo, ou seja, identificar os danos ambientais. Na Figura 12, apresentamos a camada de máscara utilizada na análise (Florestas primárias e secundárias do TerraClass – 2004), as classes de transição identificadas pelas abordagens GEOBIA e Per-pixel, e as mudanças detectadas observadas na prática pelas imagens Landsat 5 e Landsat 8.

---

<sup>16</sup> <https://www.indexmundi.com/agriculture/?country=br&commodity=palm-oil&graph=production>

Figura 12 - Comparação das duas abordagens na detecção de danos ambientais relacionados à conversão de áreas de floresta. Para melhor percepção dos detalhes, destacamos somente uma porção da área de estudo.



Apesar das diferenças de precisão entre as duas abordagens, é evidente que ambas são capazes de detectar danos ambientais relacionados ao desflorestamento causado diretamente ou indiretamente pela expansão de dendezais na Amazônia. No entanto, é importante destacar que, nesta aplicação, não podemos determinar se os dendezais foram diretamente responsáveis pelo desflorestamento, uma vez que pode ter havido uma classe intermediária entre os eventos, como pastagem ou cultivo de outra cultura. Assim, a trajetória dos dendezais irá depender do ano que está sendo usado como referência. Nos anos utilizados nesta exemplificação (2004 e 2022), o intervalo é muito amplo e, portanto, não são levadas em consideração as mudanças ocorridas entre os anos. Neste exemplo, buscamos destacar o potencial da aplicação de métodos de classificação em estudos ambientais, especialmente no monitoramento e investigação da trajetória dos dendezais na Amazônia.

Tabela 8 - Área, em hectares, das classes de transição entre os anos de 2004 e 2022.

Classes de transição (2004 – 2022)	Área (hectares)	
	GEOBIA	Per-pixel
Floresta - Dendê maduro	59.268	72.893
Floresta - Dendê não maduro	14.725	22.215
Floresta - Floresta	813.138	796.828
Floresta - Pasto	202.524	199.018

Floresta - Solo exposto	18.213	20.406
Floresta - Água	13.627	14.402

Nota: Os dados de 2004 são provenientes do TerraClass, e os dados de 2022 foram gerados neste artigo.

As áreas de cada classe de transição nas florestas, para toda a área de estudo, estão dispostas na Tabela 8. Desde 2004 até 2022, cerca de 74.000 hectares de floresta deram lugar a áreas de monocultivo de dendezeiros, a partir da abordagem GEOBIA. Segundo o método *per-pixel*, o valor aumenta para 95.108 hectares. Os maiores valores foram atribuídos à transição “floresta – pasto”, onde 202.524 hectares foram computados pela abordagem GEOBIA e 199.018 hectares pela *per-pixel*. Uma análise mais aprofundada sobre as transições de classes será feita no capítulo 4 para toda a microrregião de Tomé-Açu, onde fatores políticos, sociais e econômicos são levados em consideração.

### 3.4 Conclusão

Os resultados apresentados neste estudo são fundamentais para a compreensão sobre como técnicas de geoprocessamento, em especial a classificação supervisionada através de pixels e objetos, funcionam na detecção de dendezais na Amazônia, fornecendo insights valiosos que têm implicações significativas no entendimento sobre a representação desses tipos de uso do solo a partir de sensores remotos. Foram calculados parâmetros para avaliação de acurácia de cada conjunto de dados (*dataset + algoritmo*), sendo *kappa* e *overall accuracy* para uma análise geral, e *user* e *producer’s accuracy* para uma análise mais detalhada sobre cada classe.

Assim, neste trabalho foram avaliados a precisão de diferentes algoritmos de classificação na detecção de dendezais maduros e não maduros a partir da abordagem *per-pixel* e *per-object*. Os resultados obtidos mostram como essa ferramenta pode ser útil no monitoramento da expansão dos dendezais na Amazônia. O algoritmo que obteve os melhores resultados foi o *Random Forest*. A utilização de todas as bandas, juntamente com os índices de vegetação (*dataset 1*) foi o conjunto que proporcionou as classificações mais precisas nas duas abordagens.

A escolha das classes também afeta excessivamente o resultado das classificações, a adição e remoção de classes, como pasto, solo exposto, áreas urbanas, podem afetar positivamente, aumentando a eficiência do algoritmo na detecção do alvo, ou negativamente, aumentando a confusão. A detecção de dendezais não maduros continua a ser um desafio, obtendo os menores valores de acurácia dentre todas as classes observadas. Além disso, as

classificações devem ser submetidas a um tratamento pós-classificado para a remoção dos ruídos que superestimam o resultado final.

Apesar de a abordagem GEOBIA ter sido superior em termos de acurácia em relação à abordagem *per-pixel*, ambas são eficazes na detecção de danos ambientais relacionados à expansão de dendezais sobre áreas de floresta na região amazônica. O processo de segmentação da imagem favoreceu a detecção dos dendezais, o que justifica a sua melhor performance. Além disso, a utilização dos índices de vegetação aprimorou a precisão da classificação nas duas abordagens.

Essa metodologia pode ser aplicada sobre diferentes bases de dados, proporcionando diversas possibilidades de estudos referentes à dinâmica espacial dos dendezais na Amazônia. Dentre os quais, destacam-se a análise de padrões de trajetória, que possibilita identificar a “idade” e a geração dos dendezais, por isso a importância na discriminação espacial de seus níveis de maturação.

## Referências

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 476–487, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G.; FERRAZ, S. F. B. Long-term assessment of oil palm expansion and landscape change in the eastern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 90, n. 1, jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104321>.

BARCELOS, E.; RODRIGUES, A.; ANTONIO, P.; MÜLLER, A.; MATOS, J.de, L.; PAULO, V.; TINÔCO, B. **Dendê: informações básicas para o seu cultivo**. Belém: [s. n.], 1987.

BENAMI, E.; CURRAN, L. M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: Evaluating the 2010 Brazilian Sustainable Palm Oil Production Program. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, 1 mar. 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa270>.

BRUCE, P.; BRUCE, A.; GEDECK, P.; SAFARI, an O. M. Company. **Practical statistics for data scientists**. 2<sup>nd</sup>. [S. l.: s. n.], 2020.

CAMPOS, M. S.; ADAMI, M.; ARAÚJO, A. C.de. Análise do Albedo de Superfície da Palma de Óleo e Diferentes Usos e Coberturas do Solo no Leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 1, p. 15–21, 1 out. 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-77863540070>.

CARLSON, K. M.; CURRAN, L. M.; ASNER, G. P.; PITTMAN, A. M. D.; TRIGG, S. N.; MARION ADENEY, J. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 3, p. 283–287, Mar. 2013. <https://doi.org/10.1038/nclimate1702>.

CHEMURA, A.; VAN DUREN, I.; VAN LEEUWEN, L. M. Determination of the age of oil palm from crown projection area detected from WorldView-2 multispectral remote sensing data: The case of Ejisu-Juaben district, Ghana. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 100, p. 118–127, 1 Fev. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.07.013>.

CONCEIÇÃO, K. V. da; CHAVES, M. E. D.; MATAVELI, G. A. V. Land use and land cover mapping in a priority municipality for deforestation control actions in the Amazon using GEOBIA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, n. 4, p. 574–587, 16 nov. 2020. <https://doi.org/10.14393/rbcv72n4-53192>.

CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? **Environmental Science and Policy**, v. 12, n. 2, p. 134–139, Abr. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.011>.

DESCALS, Adrià; SZANTOI, Z.; MEIJAARD, E.; SUTIKNO, H.; RINDANATA, G.; WICH, S. Oil palm (*Elaeis guineensis*) mapping with details: Smallholder versus industrial plantations and their extent in riau, Sumatra. **Remote Sensing**, v. 11, n. 21, 1 Nov. 2019. <https://doi.org/10.3390/rs11212590>.

DESCALS, Adria; WICH, S.; MEIJAARD, E.; GAVEAU, D. L. A.; PEEDELL, S.; SZANTOI, Z. High-resolution global map of smallholder and industrial closed-canopy oil palm plantations. **Earth System Science Data**, v. 13, n. 3, p. 1211–1231, 24 Mar. 2021. <https://doi.org/10.5194/essd-13-1211-2021>.

FERREIRA, S. C. G.; LIMA, Aline Maria Meiguins de; CORRÊA, J. A. M. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 680–693, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

FOODY, G. M. Sample size determination for image classification accuracy assessment and comparison. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, n. 20, p. 5273–5291, 2009. <https://doi.org/10.1080/01431160903130937>.

FURUMO, P. R.; AIDE, T. M. Characterizing commercial oil palm expansion in Latin America: Land use change and trade. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2, 2 Fev. 2017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5892>.

GUTIÉRREZ-VÉLEZ, V. H.; DEFRIES, R.; PINEDO-VÁSQUEZ, M.; URIARTE, M.; PADOCH, C.; BAETHGEN, W.; FERNANDES, K.; LIM, Y. High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 6, n. 4, p. 044029, 1 Dez. 2011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/044029>.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 4. ed. [S. l.]: University of South Carolina, 2015. v. 1, .

JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment : an earth resource perspective**. [S. l.]: Pearson, 2014.

KOTARIDIS, I.; LAZARIDOU, M. Integrating image segmentation in the delineation of burned areas on Sentinel-2 and Landsat 8 data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 30, 1 Abr. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100944>.

LEE, J. S. H.; WICH, S.; WIDAYATI, A.; KOH, L. P. Detecting industrial oil palm plantations on Landsat images with Google Earth Engine. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 4, p. 219–224, 1 Out. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2016.11.003>.

LI, L.; DONG, J.; TENKU, S. N.; XIAO, X. Mapping oil palm plantations in cameroon using PALSAR 50-m orthorectified mosaic images. **Remote Sensing**, v. 7, n. 2, p. 1206–1224, 2015. <https://doi.org/10.3390/rs70201206>.

MARENGO, J. A.; SOUZA, C. M.; THONICKE, K.; BURTON, C.; HALLADAY, K.; BETTS, R. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 425317, 21 Dez. 2018. <https://doi.org/10.3389/FEART.2018.00228/BIBTEX>. Acessado em: 24 jan. 2024.

MEIJAARD, E.; BROOKS, T. M.; CARLSON, K. M.; SLADE, E. M.; GARCIA-ULLOA, J.; GAVEAU, D. L. A.; LEE, J. S. H.; SANTIKA, T.; JUFFE-BIGNOLI, D.; STRUEBIG, M. J.; WICH, S. A.; ANCRENAZ, M.; KOH, L. P.; ZAMIRA, N.; ABRAMS, J. F.; PRINS, H. H. T.; SENDASHONGA, C. N.; MURDIYARSO, D.; FURUMO, P. R.; ... SHEIL, D. The environmental impacts of palm oil in context. **Nature Plants**, v. 6, n. 12, p. 1418–1426, 1 Dez. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>.

NAHUM, J. S.; BASTOS, C. dos S. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 469–485, 2014.

PRUDENTE, V. H. R.; SILVA, B. B. da; JOHANN, J. A.; MERCANTE, E.; OLDONI, L. V. Comparative assessment between per-pixel and object-oriented for mapping land cover and use. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 5, p. 1015–1027, 2017. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n5p1015-1027/2017>.

ROSA, A. G.; ANDRADE, M. M. N. de; PINHEIRO, C. D. P. da S.; SOUSA, A. M. L. de. Avaliação da dinâmica de ocupação da terra em Salinópolis/PA com base no modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 414–432, 15 jul. 2021. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.007.0037>.

SANTOS, L.S.; SILVA, C. N. da; NAHUM, J. S.s; SANTOS, C. B. dos ; SILVA JÚNIOR, O.M. da. Interpretation of orbital remote sensor images for the analysis of African oil palm plantations in the Brazilian Amazon. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 14, p. 65-86, 2022.

SBOUI, T.; SAIDI, S.; LAKTI, A. A Machine-learning-based approach to predict Deforestation Related to Oil Palm: conceptual Framework and experimental evaluation. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 13, n. 3, 1 Fev. 2023. <https://doi.org/10.3390/app13031772>.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANDERSON, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSCH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MARETTI, C. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 15 Jun. 2010. DOI 10.1073/PNAS.0913048107/SUPPL\_FILE/ST03.DOCX. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0913048107>. Acessado em: 24 jan. 2024.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; NASCIMENTO, W. R.; SANTOS, D. C.; WEBER, E. J.; SILVA, R. O.; SIQUEIRA, J. O. A Geobia approach for multitemporal land-cover and land-use change analysis in a tropical watershed in the southeastern Amazon. **Remote Sensing**, v. 10, n. 11, 1 Nov. 2018. <https://doi.org/10.3390/rs10111683>.

SRESTASATHIERN, P.; RAKWATIN, P. Oil palm tree detection with high resolution multi-spectral satellite imagery. **Remote Sensing**, v. 6, n. 10, p. 9749–9774, 2014. <https://doi.org/10.3390/rs6109749>.

WONG, Y. Bin; GIBBINS, C.; AZHAR, B.; PHAN, S. S.; SCHOLEFIELD, P.; AZMI, R.; LECHNER, A. M. Smallholder oil palm plantation sustainability assessment using multi-criteria analysis and unmanned aerial vehicles. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 5, 1 Maio 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11113-z>.

ZAKI, A.; BUCHORI, I.; SEJATI, A. W.; LIU, Y. An object-based image analysis in QGIS for image classification and assessment of coastal spatial planning. **Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 25, n. 2, p. 349–359, 1 Ago. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.03.002>.

## **CAPÍTULO 4 DESFLORESTAMENTO, DANOS SOCIOAMBIENTAIS E EXPANSÃO DA DENDEICULTURA NA MICRORREGIÃO DE TOMÉ-AÇU**

### **Resumo**

A microrregião de Tomé-Açu emergiu como um polo nacional na produção de dendê, integrando a agricultura familiar em sua cadeia produtiva desde o início do século XXI. Este estudo foca na microrregião de Tomé-Açu, no nordeste do estado do Pará, considerada atualmente o principal polo produtor de dendê do país. Focamos, também, de forma específica no assentamento Arauaí e território quilombola do Jambuaçu como recortes representativos da região. A metodologia adotada incluiu a classificação supervisionada por meio de Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA), utilizando a plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Além disso, foram conduzidas entrevistas e aplicados questionários no território quilombola de Jambuaçu e no assentamento de Arauaí. Os resultados revelam que a expansão dos dendezaís ocorreu principalmente (85%) em áreas antropizadas. Entre 1988 e 2023, 32.322 hectares de florestas (primárias e secundárias) foram convertidos em dendezaís. A pastagem foi identificada como a principal fonte de desflorestamento na MRTA. No Arauaí, os danos observados são consequência da subordinação da força de trabalho dos agricultores e a contratos associativos abusivos. Já no Jambuaçu, o contexto é ainda mais desafiador, uma vez que a comunidade enfrenta os ônus da dendeicultura sem os benefícios da renda.

**Palavras-Chave:** amazônia; sensoriamento remoto; GEOBIA; conflitos; mudanças de uso do solo.

## **DEFORESTATION, SOCIO ENVIRONMENTAL DAMAGES AND PALM OIL EXPANSION IN THE MICROREGION OF TOMÉ-AÇU**

### **Abstract**

The Tomé-Açu Microrregion has emerged as a national hub in oil palm production, integrating family farming into its production chain since the early 21st century. This study focuses on the Tomé-Açu Microrregion, in the northeast of the state of Pará, currently considered the main national oil palm production hub. We also focus, specifically in the settlement Arauaí and quilombola territory of Jambuaçu as representative areas of the region. The methodology employed included supervised classification using Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA), utilizing the Google Earth Engine (GEE) platform. Additionally, interviews were conducted and questionnaires were administered in the quilombola territory of Jambuaçu and in the settlement of Arauaí. The results reveal that oil palm expansion occurred mainly (85%) in anthropized areas. Between 1988 and 2023, 32,322 hectares of forests (both primary and secondary) were converted into oil palm plantations. Pastureland was identified as the main



source of deforestation in the MRTA. In Arauaí, impacts are related to the subordination of farmers' labor force and abusive associative contracts. In Jambuaçu, the context is even more challenging, as the community faces the burdens of oil palm cultivation without any benefits.

**Keywords:** amazon; remote sensing; GEOBIA; land conflicts; land use change.

#### 4.1 Introdução

A promoção da dendeicultura como fonte de inclusão social e econômica do espaço rural paraense é marcada por controvérsias, onde diferentes perspectivas, de diferentes atores, se conflitam, e, por vezes, alinham-se. A partir de 2010, com a publicação do Zoneamento agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (ZAE-dendê) (Ramalho Filho *et al.*, 2010) incitou-se ainda mais a dendeicultura como um potencial econômico para região. A divulgação dos 13 milhões de hectares considerados adequados pela ZAE para o cultivo de dendezeiros na Amazônia indicou uma possibilidade sem precedentes de crescimento econômico, colocando o Brasil e, especialmente a microrregião de Tomé-Açu (MRTA), no estado do Pará, como a área com o maior potencial mundial para a expansão de áreas para o cultivo de dendezeiros (Benami *et al.*, 2018; Ramalho Filho *et al.*, 2010). Por outro lado, manifestaram-se preocupações acerca das consequências intrínsecas à expansão desse monocultivo na Amazônia, sobretudo no que se refere à geração de danos socioambientais (Backhouse, 2013; Butler; Laurance, 2009).

Iniciativas como a ZAE-dendê, a Política Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e o projeto de lei sobre o Programa Nacional de Produção Sustentável do Óleo de Palma (PPSOP) estabeleceram condições de expansão sustentável dos plantios, devendo ocorrer somente sob áreas antropizadas. Concomitantemente, a organização *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) surge na certificação das cadeias produtivas consideradas sustentáveis dentro de critérios próprios, no cenário mundial. Entretanto, dentre as mais de quinze empresas que atuam na agroindústria do dendê na MRTA, somente três tem a certificação RSPO (Benami *et al.*, 2018), reflexo do contexto de transgressão das legislações ambientais no seu processo de consolidação e expansão.

A microrregião de Tomé-Açu é polo nacional da produção de dendê, onde, a partir do início do século XXI, as empresas passaram a incluir a agricultura familiar na sua cadeia produtiva, manifestando-se no espaço, a partir de então, tanto a nível industrial quanto familiar. Esse modelo está pautado na lógica de produção neoextrativista, o qual impacta intensamente o meio ambiente e as comunidades ao seu redor. Na MRTA, esses impactos manifestam-se no uso intenso de recursos hídricos (Ferreira; Lima; Corrêa, 2014b; Nahum; Santos L.; Santos C.,

2020a), na pressão sobre APP's (Almeida; Vieira, 2014a; Dias *et al.*, 2020) e no conflito de terras entre comunidades tradicionais (Damiani *et al.*, 2020; Nahum; Santos, 2013). Além disso, a inclusão da agricultura familiar gerou novas dinâmicas sobre o espaço rural da MRTA, sobretudo no que se refere às mudanças no modo de vida tradicional do camponês (Nahum; Santos, 2015, 2022) e o risco a produção de alimentos, especialmente a mandioca e a pimenta do reino (Santos, 2022). Entretanto, poucos trabalhos estabeleceram uma relação empiricamente direta entre desflorestamento e dendeicultura na Amazônia, sobretudo no estado do Pará, tendo a expansão do monocultivo do dendê como objeto central de estudo (Benami *et al.*, 2018; Almeida; Vieira; Ferraz, 2020; Yui; Yeh, 2013).

Entre 2006 e 2014, cerca de 8 mil hectares de áreas de floresta (primária e secundária) foram convertidas em dendezais no estado do Pará (Benami *et al.*, 2018). Almeida *et al.* (2020) analisaram 295,86 km<sup>2</sup> de áreas de dendezais entre os anos de 1991 e 2013 em três parcelas da região do Moju (que engloba os municípios de Moju, Tailândia e Tomé-Açu), onde constatou que, desse montante, 87 km<sup>2</sup> foram convertidos a partir de áreas de floresta. Apesar de a maioria dos dendezais ter sido proveniente de áreas de pastagem durante o período e áreas analisadas nos dois trabalhos citados acima, Yui e Yeh (2013) enfatizam a importância de estabelecer políticas de proteção ambiental frente à expansão de plantações de dendê no estado do Pará. Em um cenário em que se negligencie qualquer medida de proteção ambiental, há a perda de 2.520 MMt de Carbono entre biomassa de floresta e do solo, com emissões de 77 t C ha<sup>-1</sup> e 84 gCO<sub>2</sub> MJ<sup>-1</sup> provenientes das mudanças de uso do solo pela dendeicultura (Yui; Yeh, 2013).

A aplicação de técnicas de classificação supervisionada é extremamente promissora na detecção de dendezais. A utilização da combinação de diferentes conjuntos de dados é essencial para o entendimento de como é possível aprimorar cada vez mais a detecção dessa cultura através de sensoriamento remoto, e assim, difundir sua aplicabilidade entre diversos setores interessados, seja na fiscalização por órgãos ambientais, universidades ou até mesmo para as empresas monitorarem a produtividade e controle das plantações.

Para esta pesquisa, a análise de detecção de mudanças temporais demonstrou-se uma abordagem imprescindível no rastreamento da trajetória espacial dos dendezais na MRTA. Diferentemente de outras aplicações, nesta análise consideramos áreas de monocultivo de dendezeiros maduros e não maduros, parcelas que não foram consideradas nas análises de detecção de mudanças na região (Benami *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2020) e que podem ser facilmente confundidas com áreas de pastagem arbustiva, gerando resultados subestimados sobre a área calculada de dendezais. Com o uso da plataforma *Google Earth Engine*, foi performada a classificação supervisionada através de objetos (GEOBIA) a partir da coleção de

imagens LandSat 5 e Landsat 8, juntamente com os índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI). Foi possível detectar as áreas de cultivo industrial de dendzeiros (maduros e não maduros) provenientes de desflorestamento e áreas antropizadas, no período de 1988 a 2023, permitindo o monitoramento da quantidade e localização de sua expansão ao longo do tempo.

Assim, buscando compreender como as manifestações espaciais da dendeicultura geram danos socioambientais na microrregião de Tomé-Açu, foi realizada a classificação supervisionada dos anos de 1988, 1999, 2009, 2015 e 2023 e a trajetória dos dendzeais analisados nesse período. Duas visitas de campos em duas comunidades impactadas pela dendeicultura foram realizadas em 2023, onde pudemos entrevistar moradores e agricultores familiares associados, o que nos permitiu compreender como comunidades rurais submetidas a diferentes circunstâncias políticas, econômicas e espaciais são influenciadas pela dendeicultura, na região. No decorrer deste artigo, discutiremos os resultados a partir da perspectiva da MRTA e sobre dois recortes, o assentamento Arauaí e o território quilombola do Jambuaçu, duas regiões fortemente influenciadas de maneiras antagônicas pela dendeicultura.

Diferentes perspectivas sobre danos socioambientais podem ser relacionadas a diferentes atores no problema em questão. Neste trabalho, consideraremos especialmente o conceito de danos socioambientais estipulado por Martinez Alier, o qual está intrinsecamente associado ao conceito de justiça ambiental. Nessa perspectiva, os danos socioambientais são causados pelas atividades econômicas predatórias, especialmente as que exploram recursos naturais sob o modelo neoextrativista, e direcionados a parcelas menos favorecidas e com menor poder sobre tomadas de decisão na sociedade. Esse cenário é o que ocorre na terra indígena Tembê (Damiani *et al.*, 2020) e território quilombola do Jambuaçu (Nahum; Santos, 2013), onde as comunidades locais enfrentam diretamente o ônus da dendeicultura.

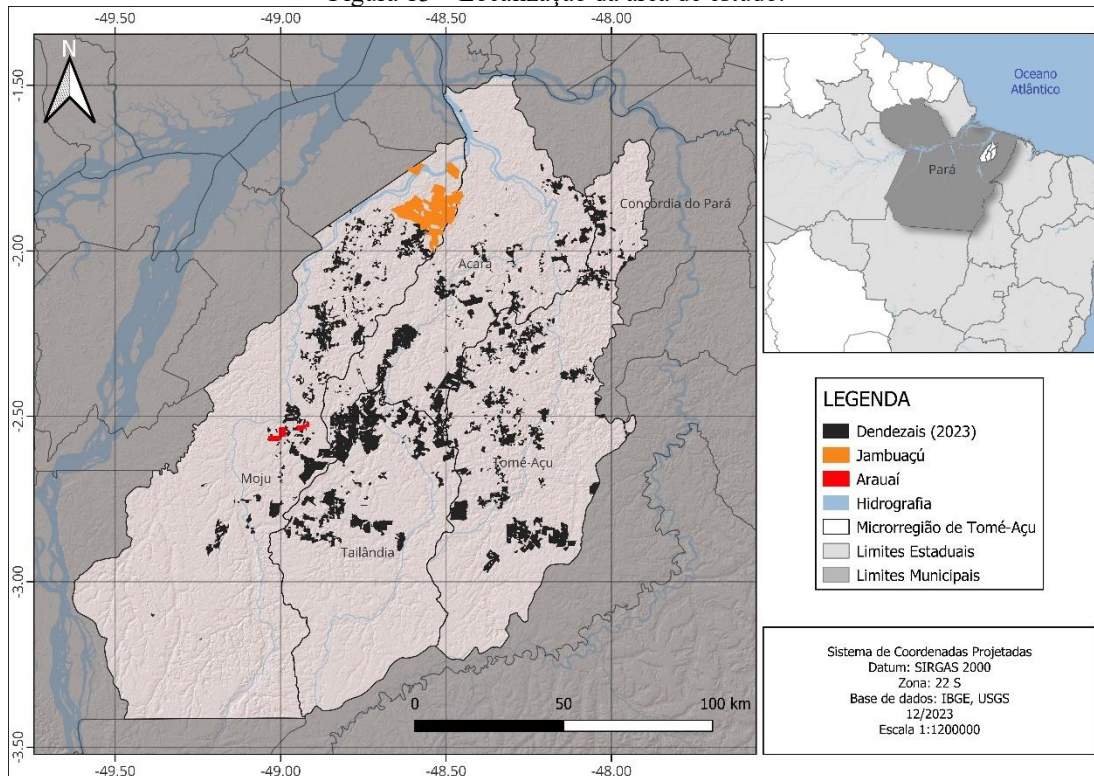
Buscamos responder a seguinte pergunta norteadora: De que forma a dendeicultura se expandiu, espacialmente, na microrregião de Tomé-Açu? Assim, o objetivo deste artigo é identificar as áreas de plantações industriais que se expandiram através de desflorestamento e de áreas antropizadas, e compreender como essa dinâmica torna-se fonte de danos socioambientais em comunidades rurais na microrregião de Tomé-Açu.

## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a microrregião de Tomé-Açu, no nordeste do Estado do Pará, atual polo produtor de dendê nacional. Os municípios que constituem a região são Moju, Concórdia do Pará, Tomé-Açu, Tailândia e Acará. A área total da região é de 23.715 km<sup>2</sup>.

Figura 13 – Localização da área de estudo.



Na figura 13, estão destacados, além da MRTA, o território quilombola do Jambuaçu e o assentamento Arauaí. Essas duas regiões estão localizadas no município de Moju, e são intensamente influenciadas pela dendeicultura. Nesses dois territórios foram coletados pontos de validação de uso e ocupação do solo e foram conduzidas campanhas de entrevistas e questionários. Assim, neste artigo tem-se como área de estudo principal, toda a extensão da MRTA. Mas, consideraremos o Arauaí e o Jambuaçu como recortes representativos da região sob o contexto da dendeicultura, discutidos mais à frente.

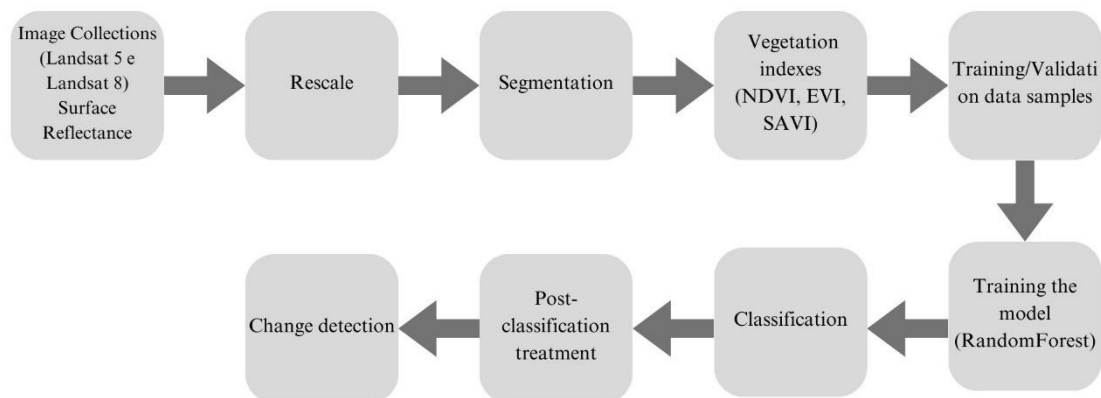
### 4.2.2. Classificação Supervisionada

A classificação supervisionada sucedeu-se da mesma forma realizada no método mais eficiente identificado no capítulo 3 (GEOBIA + *random forest* + índices de vegetação), porém, aplicado à toda extensão da MRTA. Foram coletados 3.865 pontos amostrais pra a coleção do Landsat 8, e 2.874 pontos amostrais para a coleção Landsat 5. As classificações foram feitas

separadamente para cada tipo de coleção, pois percebemos que desta forma os resultados foram mais precisos. Na figura 14, estão dispostas as principais etapas realizadas na metodologia.

Foram analisados os anos de 1988, 1999, 2009, 2015 e 2023, onde sua escolha dependeu da disponibilidade de imagens sem nuvens para a região e de critérios representativos do contexto histórico da dendeicultura. O ano de 1988 refere-se à primeira imagem de satélite da série Landsat disponível para a região, servindo de referência inicial; 1999 representa o contexto anterior à publicação do PNPB; em 2009 encontramos a região sob a vigência do PNPB e a iminência de publicação do PPSOP e ZAE-dendê; O ano de 2015 representa o contexto da dendeicultura sob o funcionamento da PNPB e ZAE-dendê (Decreto nº7.172 de 2010); O ano de 2023 representa o contexto mais recente de expansão da palma. A partir dessa metodologia, pudemos quantificar a área de floresta convertida em dendezaís no período analisado.

Figura 14 – Fluxograma das etapas executadas na metodologia de classificação supervisionada.



Após a classificação, os ruídos foram removidos a partir da aplicação de um *reducer* e da remoção de polígonos menores que 1 hectare. A detecção de mudanças foi realizada a partir da álgebra dos *rasters* das classificações de cada ano geradas. Por fim, foram calculados os índices de acurácia: *Kappa*, *overall accuracy*, *user's accuracy* e *producers accuracy*. Os códigos para classificação da coleção Landsat 8 (<https://code.earthengine.google.com/dd77694b39374aa065e0918916594edf>) e Landsat 5 (<https://code.earthengine.google.com/b6714ceb6b85ab18ba94a79dab8c111d>) estão disponíveis na plataforma *Google Earth Engine*.

### 4.2.3. Questionários e entrevistas

As entrevistas e questionários foram aplicadas em visitas de campo no assentamento Arauaí nos dias 19 e 20 de maio de 2023. Foram entrevistadas 9 pessoas associadas ao projeto de inclusão da agricultura familiar à cadeia produtiva do dendê. As entrevistas sucederam-se em um modelo semiestruturado.

No território quilombola do Jambuaçu, as visitas de campo ocorreram nos dias 26 e 27 de junho. Onde foram aplicados 23 questionários aos residentes do território.

Os modelos de entrevista e questionário estão dispostos nos apêndices A e B.

## 4.3 Resultados e discussão

### 4.3.1 A microrregião de Tomé-Açu

Os valores de Kappa e exatidão global obtidos com a utilização da coleção LandSat 5 foram 0.9818 e 98.67%, respectivamente. Com a utilização da coleção LandSat 8, os valores obtidos foram 0.9689 para kappa e 97.47% para a exatidão global. Esses valores indicam que as classificações performadas são excelentes e confiáveis. Obtivemos os valores do *user's accuracy* (97,81%) e *producer's accuracy* (98,49%) para a classe dendê maduro, e *user's accuracy* (92,11%) e *producer's accuracy* (94,51%) para dendê não maduro, com a coleção de imagens Landsat 8. Para a coleção Landsat 5, os valores foram *user's accuracy* (98,55%) e *producer's accuracy* (98,07%) para dendê maduro, e *user's accuracy* (99,29%) e *producer's accuracy* (88,67%) para dendê não maduro.

Com o intuito de focarmos a discussão na dinâmica da dendeicultura na MRTA, a classe referente aos dendezais maduros e não maduros foram isolados e analisados individualmente das outras classes. As maiores taxas de crescimento foram observadas entre os anos de 1999 (31,532 ha) e 2009 (66,099 ha) com um crescimento de 109,62%, e entre os anos de 2009 e 2015 (136,323), com 106,24%. Entretanto, em valores absolutos, o período 2009-2015 apresentou o maior acréscimo em área, com um aumento de 70.224 ha (Tabela 9).

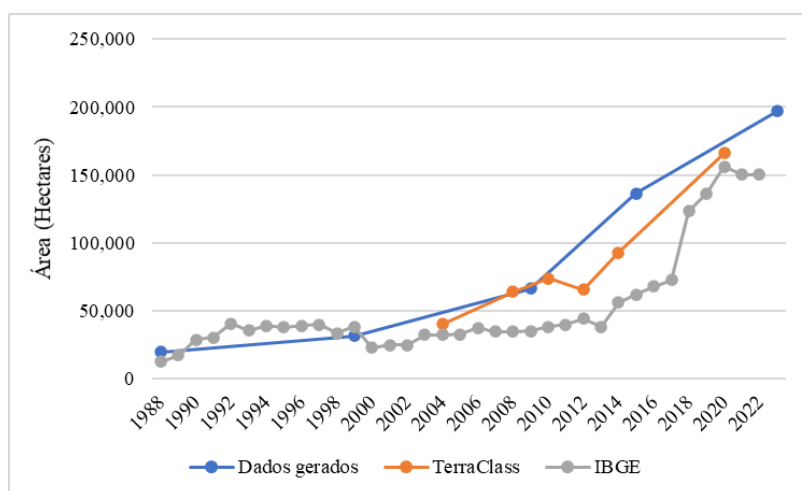
Tabela 9 – Área (hectares) dos dendezais detectados entre 1988 e 2023, na MRTA.

Ano	Área (hectares)		
	Dendê maduro	Dendê não maduro	Total
1988	19,419	198	19,617
1999	18,550	12,982	31,532
2009	41,248	24,851	66,099
2015	84,058	52,265	136,323
2023	153,919	43,166	197,085

Na Figura 15 é possível observar o crescimento das áreas de cultivo de dendezeiros na MRTA durante o período analisado, comparado com dados provenientes do TerraClass e IBGE. É importante enfatizar que não há a classificação específica de dendezais na base de dados do TerraClass, eles estão inseridos na classe “cultura agrícola perene”, sendo necessário o prévio conhecimento da composição dessa classe na área em que se analisa. Na MRTA, há somente o cultivo de dendê e côco como culturas agrícolas perenes. A base de dados do IBGE é obtida a partir dos municípios, havendo somente a informação acerca da quantidade (área destinada à colheita), e não da localização das áreas.

Os dados gerados seguem a tendência de crescimento da dendeicultura observados no TerraClass e IBGE. Em 1988, foi detectado 19.617 hectares de dendezais na MRTA, e de acordo com os dados do IBGE, para o mesmo ano, havia 12.545 hectares em todo o estado do Pará. No ano de 1999, detectamos 31.532 hectares, enquanto que o IBGE computou 38.243 hectares na MRTA. Para 2009, 66.099 hectares foram detectados pelos nossos dados, 35.124 hectares de área destinada a colheita foi calculada pelo IBGE. Não há a classificação para o ano de 2009 pelo TerraClass, entretanto, há para os anos de 2008 e 2010, quando foram detectados 63.992 e 73.788 hectares, respectivamente. Em 2015, foram detectados 136.326 hectares de dendezais pelos nossos dados, enquanto que pela base de dados do IBGE, 61.780 hectares foram calculados. De acordo com o TerraClass, em 2014 havia 92.686 hectares de dendezais na região. Em 2023, ano mais recente da análise, detectamos 197.085 hectares de dendezais na MRTA. O último ano de análise do TerraClass (2020), foi identificado 166.043,4 hectares de dendezais, já de acordo com o levantamento do IBGE, a área destinada à colheita na região é de 150.180 hectares em 2022.

Figura 15 – Crescimento da área dos dendezais ao longo do tempo comparado com dados TerraClass e IBGE, na MRTA.

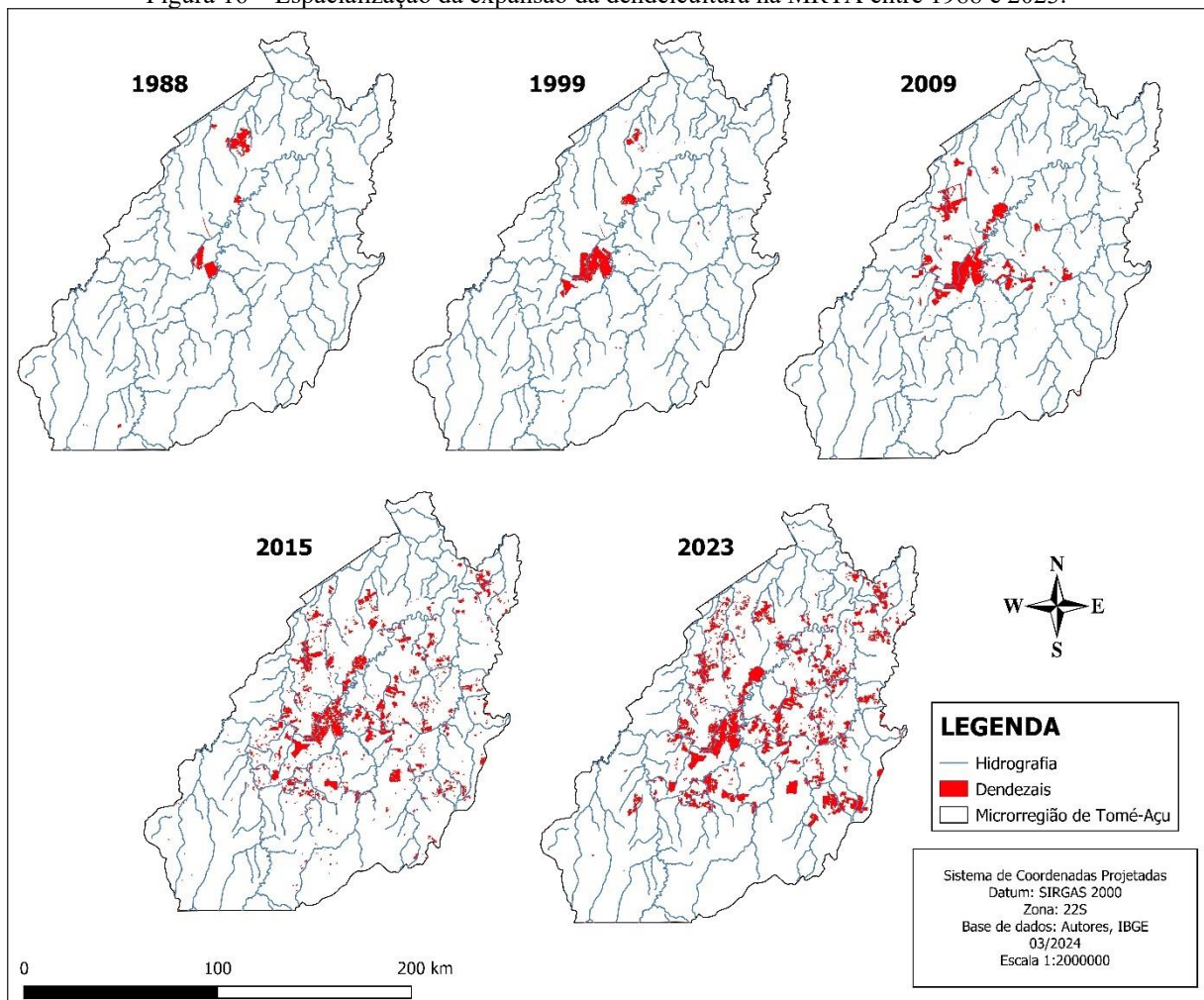


Nota: Devido à falta de dados municipais, usamos como referência os dados de todo o estado do Pará para os anos de 1988 e 1998, na base de dados do IBGE.



Na Figura 16 é possível observar a dinâmica de expansão dos dendezais na MRTA durante o período analisado. No ano de 1988, havia o protagonismo e atuação quase que integral da empresa Agropalma, mais antiga atuante da região (1982). Percebe-se que a expansão parte do centro da região, na fronteira entre os municípios de Moju, Acará e Tailândia. A distribuição das áreas de dendezais é bastante uniforme entre os municípios que compõem a MRTA, com exceção do município de Concórdia do Pará. O município que obteve a maior quantidade de dendezais no ano de 2023 foi Tomé-Açu (28%), seguido de Moju (24%) e Tailândia (24%), Acará (21%) e Concórdia do Pará (3%), com a menor quantidade de áreas.

Figura 16 – Espacialização da expansão da dendecultura na MRTA entre 1988 e 2023.



Nota: para o ano de 2009 não foi obtida imagem que contemplasse a porção norte da bacia, por isso a ausência de detecção de dendezais nessa área, para esse ano específico (Ver Anexo C).

A dendecultura foi a atividade que esteve menos relacionada com desflorestamento direto durante o período avaliado (Tabela 2). Entre o ano de 2015 e 2023, 1,07% de áreas de floresta (2.506 ha) foram convertidas em novas áreas de dendezais. Nesse mesmo período, 24,57% (57.591 ha) de áreas antropizadas (Pasto e solo exposto) foram convertidos em



dendzais. A conversão de floresta em pastagem (151.999 hectares) representou 64,85% dentre as classes de transição consideradas na análise, entre 2015 e 2023.

Entre 2009 e 2015 observamos as maiores áreas de floresta convertidas em monocultivos de dendzeiros (15.336 ha), representando 7,82% do total das áreas convertidas de floresta no período. A conversão de áreas antropizadas em dendzais também foi a maior dentre os anos analisados (101.761 ha), representando 51,90 % das classes de transição. Para o mesmo período, a área convertida de florestas em pasto (67.508 ha) e solo exposto (11.466 ha) foi a menor entre os anos analisados, porém, ainda superior em extensão se comparada com a área convertida em dendzais.

Destacamos a hidrografia da região, observando que desde 1988 já haviam sido estabelecidas plantações industriais de dendê nos rios Jambuaçu (a noroeste), Acará e Turi-Açu (porção central). A partir de 2009, a pressão sobre esses rios aumentou, englobando também o rio Juuba, no município de Moju. A partir de 2015, o boom na expansão das plantações de dendzeiros provocou uma pressão adicional sobre diversos outros rios da MRTA. Os maiores polígonos de plantações pertencem à empresa Agropalma, situados na divisa dos municípios de Tailândia, Moju e Acará.

Ao considerarmos todo o período analisado, entre 1988 e 2023, 182.406 hectares de áreas antropizadas foram convertidas em dendzais, indicando que cerca de 85% das áreas convertidas em dendzais na MRTA tiveram pastos ou solo exposto como classes intermediadoras durante sua trajetória (floresta – pasto/solo exposto – dendê). A área de floresta convertida diretamente em dendzais (32.322 hectares) representou 3,7% do total da área das classes de transição. As áreas de pasto foram responsáveis pela maior conversão de áreas de floresta (716.251 hectares), representando 82,10% do total das classes de transição.

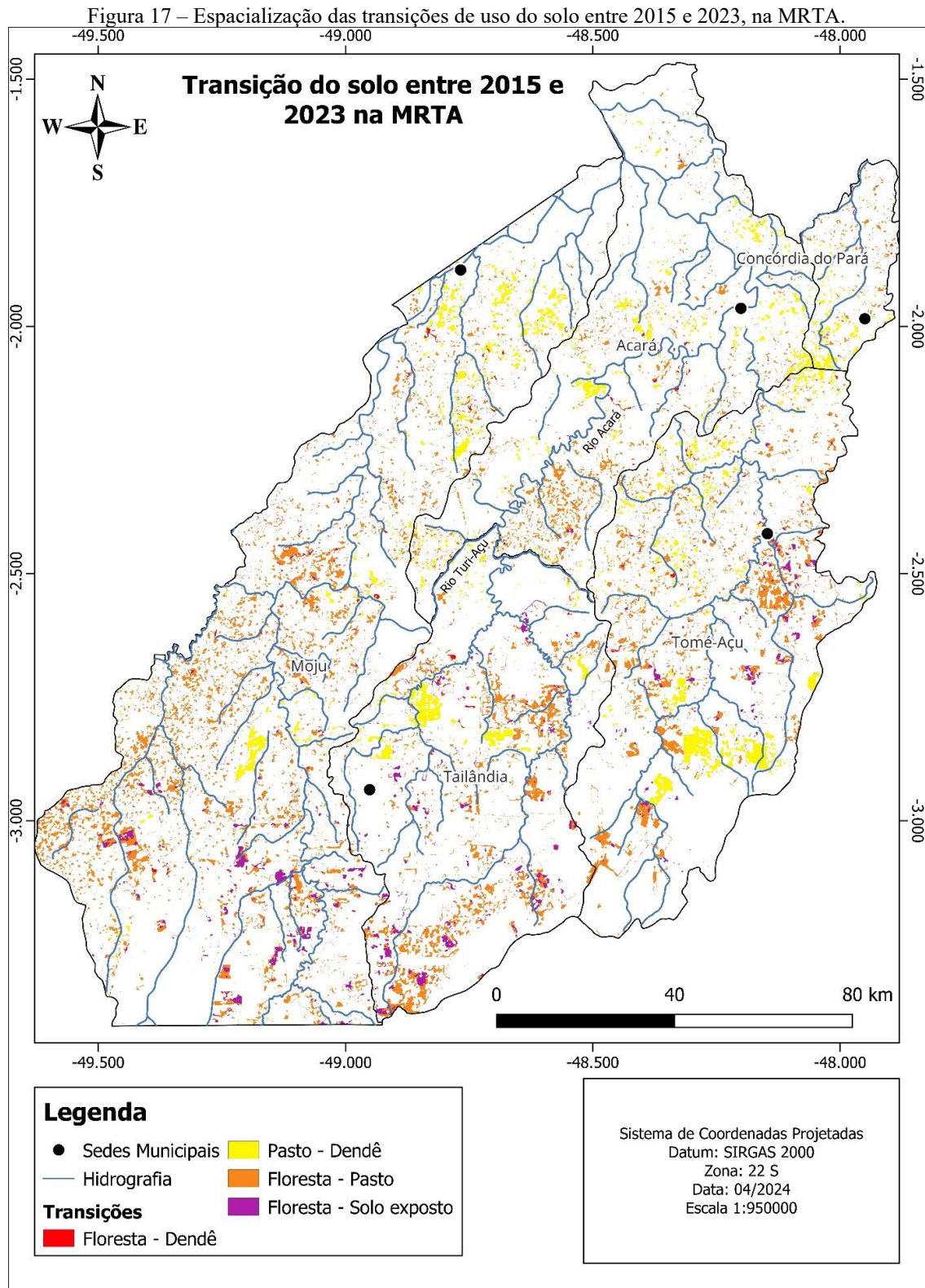
Tabela 10 – Área (em hectares) das transições de classes de uso do solo durante o período analisado.

Transições	Floresta - Dendê		Área antropizada - Dendê		Floresta - Pasto		Floresta - Solo exposto	
	Área (hectares)	Área (%)	Área (hectares)	Área (%)	Área (hectares)	Área (%)	Área (hectares)	Área (%)
1988 - 1999	9.861	4,06	14.674	6,04	195.855	80,63	22.509	9,27
1999 - 2009	4.619	1,21	8.380	2,20	300.889	78,89	67.525	17,70
2009 - 2015	15.336	7,82	101.761	51,90	67.508	34,43	11.466	5,85
2015 - 2023	2.506	1,07	57.591	24,57	151.999	64,85	22.303	9,51
Soma	32.322		182.406		716.251		123.803	

Nota: Pasto e solo exposto foram agrupados em “Área antropizada”.

A expansão recente da dendecultura a partir de áreas de floresta ocorreu majoritariamente em áreas menores que 10 hectares na MRTA, indicando uma tendência de ocorrência a nível de pequena produção. Não foi observado a expansão de plantações industriais

de dendê sob floresta entre 2015 e 2023. Na Figura 17 está disposta a espacialização das classes de transição na MRTA no período 2015-2023.



Benami *et al.* (2018) detectou a conversão de 4.145 hectares de floresta (primária e secundária) e 41.592 hectares de pastagens em dendezaís entre 2006 e 2010, no nordeste

paraense (área de estudo de 50.000km<sup>2</sup>). Os autores enfatizam o papel da PPSOP na redução da conversão de áreas de florestas, especialmente as primárias. Na época de publicação do artigo, o projeto ainda se encontrava em tramitação, mas foi arquivado em 2019. Após o lançamento do projeto de lei da PPSOP (período entre 2010 e 2014, no trabalho dos autores) a área convertida de pastos subiu para 97.894 hectares e a de floresta regrediu para 3.830 ha, com uma redução de 58% em relação às áreas de floresta primária.

Almeida *et al.* (2020) analisaram 2.588,72 km<sup>2</sup> de área de ocorrência de dendezaís na região do Moju. No trabalho dos autores, 4.591 hectares convertidos de floresta para dendê foram detectados pelos autores entre 1991 e 2013, enquanto que 6.105 hectares foram convertidos de pastos.

Os resultados obtidos neste artigo são similares aos encontrados por Almeida *et al.* (2020) e Benami *et al.* (2018), que mostram que a proporção de áreas provenientes de pastos é consideravelmente maior do que as provenientes de florestas na expansão dos cultivos de dendezeiros no nordeste do Pará. Isso indica que a indústria do dendê, historicamente, não é a principal fonte de desmatamento direto na MRTA. A pastagem continua sendo o principal vetor de desflorestamento na região. Em um primeiro momento, este cenário pode sugerir que a cadeia produtiva esteja alinhada com bases sustentáveis de produção. Entretanto, essa é uma das formas de manifestação do Greengrabling (discutido no capítulo 2), pois as áreas de pasto ocupadas por desflorestamento ilegal após a 22 de julho de 2008, e transformadas posteriormente em dendezaís, deveriam ser recuperadas se a sustentabilidade fosse uma prioridade de Estado. Assim, os dendezaís caracterizam-se como expressivas fontes de desflorestamento indireto.

O crescimento significativo das áreas de cultivo de dendezeiros entre 2009 e 2015, assim como a conversão de grandes extensões de florestas e áreas antropizadas, está diretamente relacionado ao lançamento do Programa de Produção Sustentável do Óleo de Palma (PPSOP) (mesmo sendo arquivado em 2019, sua tramitação influenciou a expansão da dendeicultura na região) e à implementação do Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal (ZAE-Dendê), conforme estabelecido pelo Decreto nº 7.172 de 2010. A divulgação das áreas consideradas adequadas para o cultivo do dendezeiro transformou essa parte da Amazônia em uma das maiores potências mundiais na produção de dendê, impulsionando a indústria do dendê na região durante esse período (Benami *et al.*, 2018).

Apesar das diretrizes de não desmatamento estabelecidas pela ZAE-Dendê e pelo PPSOP, a demanda por terras antropizadas disponíveis para o cultivo de dendê levou à inclusão de áreas florestais nesse processo. Isso é evidenciado pela conversão de 15.336 hectares de

floresta em dendezaís, o maior valor observado durante o período analisado. Essa situação destaca os desafios enfrentados na implementação de políticas de produção sustentável onde a pressão econômica muitas vezes conduz à conversão de áreas naturais em áreas de produção agrícola, mesmo quando medidas de conservação são estabelecidas.

Entre 1999 e 2009 o crescimento observado (31.532 ha para 66.099 ha) nas áreas de cultivo de dendezeiros está associado ao lançamento do PNPB (Lei nº 11.097/2005), o qual, na época, estabeleceu a mistura de 5% de biodiesel ao diesel convencional até 2010. Apesar de somente 1% de toda a produção mundial de óleo de palma ser destinada à indústria de biodiesel, as metas estabelecidas pelo PNPB, somado à demanda mundial crescente por óleo, deu margem para a expansão de diversas culturas como a soja, o milho e especialmente o dendê. No Brasil, essa contradição fica mais evidente, conferindo um teor enigmático em relação ao dendê para o biodiesel, pois, apesar do aumento da área plantada e da produção, entre 2008 e 2015, o percentual médio de óleo de palma nunca chegou a ultrapassar 1% na composição do biodiesel Nacional (Nahum; Santos, 2015).

As áreas que foram antropizadas antes de 22 de julho de 2008, com benfeitorias, edificações ou atividades agrossilvipastoris, são consideradas consolidadas pela LPVN (Brasil, 2012), e caso o imóvel rural tenha menos de 4 módulos fiscais, a recuperação da vegetação deixa de ser exigida pelo órgão ambiental e as autuações são anuladas. Este cenário oportunizou a consolidação da expansão da dendeicultura sob a política de crescimento sob áreas antropizadas. Entretanto, constatou-se que áreas de dendê se expandiram sob áreas que foram antropizadas após 2008, as quais na verdade deveriam ter sido restauradas. Entre 2009 e 2023, 219.507 hectares de floresta foram convertidos em pasto, 33.769 hectares convertidos em solo exposto, e 159.352 ha de dendezaís foram convertidos a partir de áreas antropizadas (pasto e solo exposto).

Apesar de não haver grande quantidade de desflorestamento direto na expansão da dendeicultura, há grande quantidade de desflorestamento indireto. O desflorestamento indireto na MRTA ocorre de duas formas, a primeira refere-se às áreas antropizadas que deveriam ser restauradas, mas são ocupadas por dendezaís. A segunda, provém da hipótese de Benami *et al.* (2018), sustentada neste artigo, que diz que a ocupação de áreas antropizadas por dendezaís pode estar incentivando a busca de novas áreas para pasto, por isso o seu aumento no período 2015-2023.

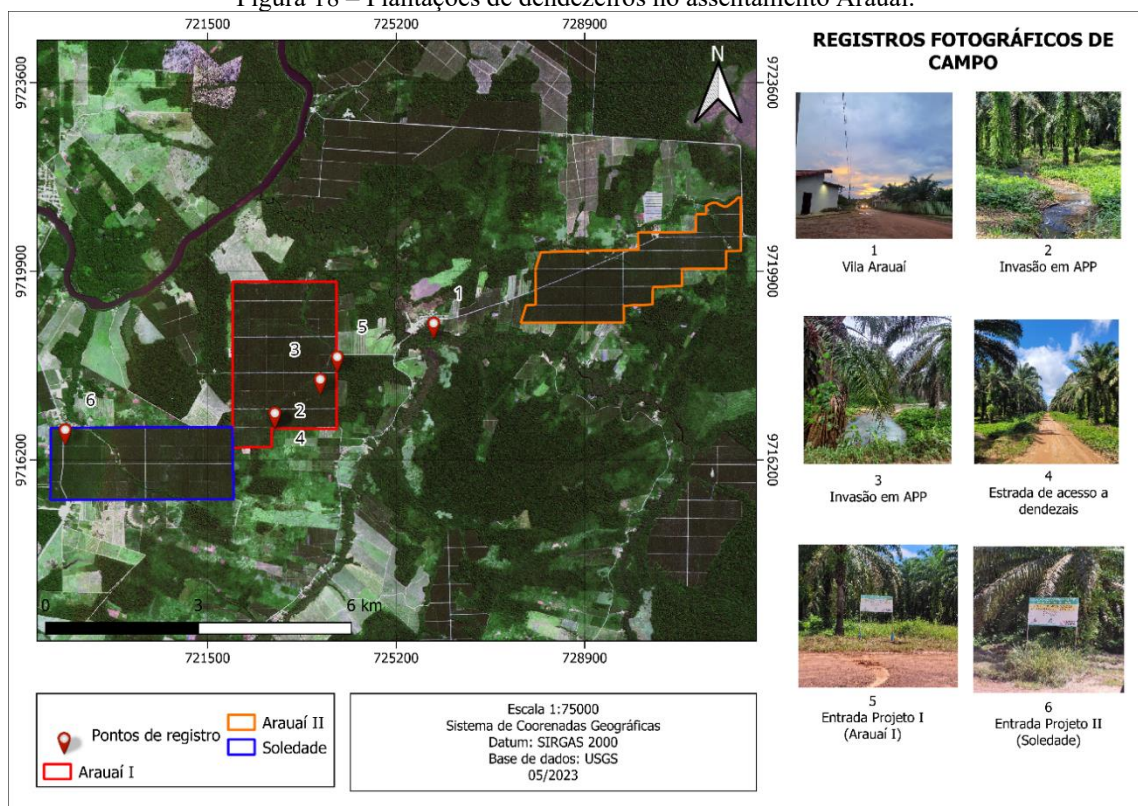
Evidente que a ocupação de dendezaís em áreas já antropizadas irá contribuir na absorção mais efetiva de CO<sub>2</sub> atmosférico se comparado com pastos, haja vista que esse tipo de cobertura possui baixíssima capacidade de assimilação de CO<sub>2</sub> (Cassol *et al.*, 2016). Ao mesmo

tempo, florestas possuem uma capacidade de sequestro de carbono muito maior que monocultivos de dendzeiros (Bicalho; Bessou; Pacca, 2016), além de proverem serviços ecossistêmicos de alto valor (Strand *et al.*, 2018) e possuírem maior biodiversidade.

#### 4.3.2 O Arauaí

Apesar de a expansão, recente e histórica, não ser significativamente causadora de desflorestamento direto, sua atividade impacta comunidades rurais na MRTA de diferentes formas. O assentamento Arauaí foi palco do primeiro contato da cadeia produtiva do dendê entre empresas e a agricultura familiar, antes mesmos dos programas de incentivo lançados entre 2004 e 2010. A empresa Agropalma foi a pioneira na construção dessa relação na MRTA, sendo a empresa principal nos contratos firmados entre os agricultores do Arauaí, seguida da empresa BBB. O primeiro projeto (Arauaí I) de agricultura familiar no assentamento foi criado em 2002, seguido do projeto Soledade em 2004, e por fim o Arauaí II em (Figura 18). A cada família foi concedido um lote de 10 hectares destinado ao cultivo de dendzeiros (Nahum; Santos, 2022).

Figura 18 – Plantações de dendzeiros no assentamento Arauaí.



Durante a visita de campo no assentamento, encontramos algumas dificuldades na aplicação das entrevistas e questionários. A primeira refere-se ao acesso à vila, onde encontramos estradas em situações precárias, suscetíveis a alagamentos durante a estação



chuvosa, além da ausência de transporte público efetivo na região (Figura 19). Outra dificuldade foi encontrar os agricultores associados para aplicar a entrevista. Durante nossa visita, não conseguimos encontrar alguns associados pois, ou estavam em seus lotes trabalhando, ou não estavam na vila no momento. Por fim, alguns se recusaram a participar.

Figura 19 - Estradas de acesso à comunidade.



Os resultados dos questionários indicam que, dos 9 entrevistados, 8 estão entre 15 a 20 anos no projeto, e somente 1 está de 5 a 10 anos. A roça foi a principal atividade desenvolvida pelos agricultores antes de se associarem à cadeia produtiva do dendê (7 de 9). 1 associado declarou que trabalhava com vendas e 1 declarou que já era professor antes de se associarem. Dos 9 entrevistados, 8 declararam que a o projeto do dendê é sua principal fonte de renda, somente 1 declarou que a renda advinda do projeto é complementar a sua renda principal (salário de professor).

Os benefícios apontados pelos associados entrevistados referem-se ao aumento e segurança na renda familiar, aumento do poder aquisitivo, infraestrutura e facilidade no acesso à créditos. No geral, o aumento da renda foi apontado por todos os entrevistados. De fato, o sucesso na geração de renda promovida pelo projeto de associação da agricultura familiar à cadeia produtiva do dendê não tem precedentes, não se equiparando a nenhum outro projeto de inclusão rural na MRTA (Nahum *et al.* – ainda em desenvolvimento).

A comunidade da vila do Arauaí já se encontra profundamente interligada à dendeicultura, não se imaginam mais dissociados da dinâmica das empresas produtoras. Quando perguntados sobre o que poderia ser melhorado no projeto, 8 das 9 respostas referiram-se a medidas de expansão do projeto, como “mais terras para plantar”, “o preço de compra”, “ampliar o projeto”. Aponta a Entrevistada 7 “É Deus no céu e dendê na terra”. Somente um entrevistado sugeriu melhoria fora do âmbito da produção do dendê, onde apontou a

necessidade de melhoria da infraestrutura da vila, especialmente a relacionada à saúde (postos, hospitais).

Semelhante ao que ocorreu na vila da Forquilha (Nahum; Santos, 2016), a vila da comunidade Arauaí transformou-se após a chegada da dendeicultura. Infraestruturas relacionadas à construção de redes de estradas e portos para atender o escoamento da produção tomaram conta da paisagem. O intenso fluxo de caminhões e a presença das caçambas para a coleta dos cachos tornam-se parte do cotidiano na vila do Arauaí (Figura 20). As casas foram reformadas e veículos foram adquiridos a partir da renda do projeto. Esse processo é discutido por (Castro, 2017) (Abordado no capítulo 2), onde os grandes empreendimentos na Amazônia são subsidiados pelo crescimento da infraestrutura, ou seja, as duas vertentes crescem em conjunto, sendo interdependentes.

Figura 20 – Fluxo de caminhões escoando cacho de coco de dendê e caçambas identificados na vila do Arauaí.



Neste espaço, os danos observados referem-se, principalmente, às condições impostas aos agricultores associados, onde, muitas vezes, terceirizam mão de obra para atingir as demandas de produção. Sob condições abusivas de contrato (25 anos de dedicação exclusiva) os agricultores são privados de cultivarem outras culturas, devendo direcionar atenção e força de trabalho familiar integrada para a produção do dendê (Nahum; Santos, 2022). Com isso, culturas tradicionais como a mandioca, milho e pimenta do reino deixam de ser produzidas, influenciando no aumento do preço da farinha de mesa e de outros produtos. Assim, provoca-se o risco à produção de alimentos no espaço rural (Santos, 2022).

Em audiência pública realizada pelo Ministério Público do Trabalho no dia 7 de março de 2024 sobre as condições de trabalho dos trabalhadores da cadeia produtiva do óleo de palma <sup>17</sup>, foram expostos diversos problemas relacionados à condição de trabalho,

<sup>17</sup> <https://mpt.mp.br/planejamento-gestao-estrategica/gestao-estrategica/gt-cadeia-produtiva-do-oleo-da-palma-do-para>

especialmente no nível de produção familiar, que corresponde a 10% da força produtiva da cadeia. Dentre os danos apontados, os procuradores destacaram a falta de EPI's, falta de ambientes de descanso, falta de banheiros, falta de kit de primeiros socorros, ausência de exame médico promovido pela empresa ao trabalhador e falta de transparência na pesagem da produção.

Durante as visitas de campo, percebemos que não há preocupação genuína na integração do agricultor familiar, tampouco no aumento da renda familiar. As empresas preocupam-se absolutamente com a produtividade constante dos lotes, com a renda da terra. Independentemente de a extensão e a força de trabalho dos lotes serem a nível familiar (Figura 21) a demanda de produção é a nível industrial. Por isso, no Arauaí, foi criado o consórcio de terceirização de maquinários e serviços, permitindo que a produção se mantenha constante, independentemente se o proprietário do lote participe das atividades, ou até mesmo se esteja morando na comunidade (Nahum *et al.* – ainda em desenvolvimento).

Figura 21 - Padrão de lote de agricultor familiar associado à cadeia produtiva do dendê.



O impacto ambiental que pudemos observar em campo foi a invasão das plantações sobre áreas de preservação permanente (APP's), especialmente no projeto I, de 2002 (Figura 22). Infere-se que, sob a circunstância de implantação dos primeiros projetos, foram ignoradas as medidas de proteção ambiental, posto que, ainda no código florestal de 1965 (Lei nº 4.771 – revogada), previa-se a delimitação de APP's. Este tipo de ocupação irregular de dendezais foi identificado por Almeida e Vieira, (2014) no município de Moju, no ano de 2010, onde detectou-se 297 hectares de dendezais em APP's, representando menos de 1% das diferentes ocupações em APP's. Apesar da área ocupada ser considerada pequena, a ocupação de monocultivos de dendê próximo a leitos de rios pode ser um vetor de alteração da qualidade da água, posto que, tanto em nível industrial quanto a nível familiar, é utilizado agrotóxico nas plantações (Glifosato) (Souza; Viana; Pereira Júnior, 2019).



Figura 22 - Invasões de dendezais em Áreas de Preservação Permanente.



Apesar de todos os entrevistados alegarem que usam água de poço para consumo direto, dois entrevistados relataram sua desconfiança quanto à qualidade da água dos rios. Quando perguntada sobre a fonte da água para consumo, a entrevistada 1 relatou: “É do poço, do rio não prestou mais, só pra lavar a roupa”, quando questionada sobre o motivo do declínio na qualidade da água do rio, a entrevista complementa “Porque escorre muita [...], aí, quando surgiu o projeto, eles falaram para fazer poço. Aí a água do rio não prestou mais porque tem muita química né. A gente joga muita química”. Outra entrevistada nos relatou que há o uso de agrotóxicos em lote de dendezal perto de sua residência e, que devido a isso, observou alterações na cor da água, nos encorajando a conduzir um estudo sobre a qualidade da água na comunidade.

#### 4.3.3 O Jambuaçu

Diferentemente do contexto observado no Arauaí, no território quilombola do Jambuaçu, os moradores da comunidade são expostos somente ao ônus da dendeicultura. O Jambuaçu é um conjunto de 12 comunidades (Nossa Senhora das Graças, Sanata Axé do Baixo



Jambuaçu, Ribeira do Jambuaçu, Santa Maria do Mirindeua, Santa Maria do Tracuateua, Nossa Senhora da Conceição, Jacunday, São Sebastião, Moju-Miri, Santa Luzia do Tracuateua, Santo Cristo, São Manoel). O território é cercado pelos dendezais da empresa Marborges (Figura 23), onde essa dinâmica foi, e ainda é, o cerne de conflitos territoriais entre a empresa e o território Quilombola. Além da dendeicultura, outras atividades como o mineroduto, utilizado para escoar a produção da empresa Hydro, a ferrovia e a linha de transmissão de energia sobrepõem o território, amplificando os conflitos observados nessa região.

Figura 23 – Localização do território quilombola do Jambuaçu.



A partir da análise dos questionários pudemos delinear o perfil do morador do território quilombola (Tabela 11). Diferente da dinâmica observada no assentamento Arauaí, no Jambuaçu não há a inserção dos moradores em contratos de associação da cadeia produtiva do dendê, portanto, para eles não há renda da terra, somente o ônus. Assim, 20 dos 23 entrevistados alegaram receber algum tipo de auxílio do governo, variando entre bolsa família, aposentadoria e pensão. Como complemento da renda, a maioria declarou que exerce atividades relacionadas à roça (15 de 23), vendendo o excedente na própria comunidade. Além disso, a maioria dos entrevistados declaram ter chegado no território antes dos anos 2000. A moradora mais antiga chegou no território em 1935 (entrevistada 18), refletindo a persistência dos moradores ao território frente ocupação histórica de empreendimentos sob o Jambuaçu.

Tabela 11 – Resultados dos questionários aplicados no Jambuaçu.

Pergunta	Resposta	Quantidade
Recebe auxílio?	Sim	20
	Não	3
Ano de chegada	Antes de 2000	17
	Depois de 2000	6
Atividades desenvolvidas	Roça	15
	Pesca	2
	Outras atividades	1
	Nada	5
Participa de organização?	Associação	13
	Cooperativa	1
	Nenhum	9
Considera a qualidade da água boa?	Sim	18
	Não	4
	Mais ou menos	1
A dendeicultura trouxe benefícios para a comunidade?	Sim	5
	Não	17
	Não sabe	1
Na sua família, há alguém que trabalhe na dendeicultura?	Sim	11
	Não	12
O território recebe algum tipo de ajuda da empresa?	Sim	1
	Não	21
	Não sabe	1

A maior diferença observada entre o Jambuaçu e o Arauaí foi a percepção acerca da presença da dendeicultura em seus territórios. Quando perguntados se a dendeicultura trouxe benefícios para a comunidade, a maioria (17/23) respondeu que não. Complementarmente, 21 dos 23 moradores entrevistados, alegaram que o território não recebe nenhum tipo de ajuda da empresa.

Metade dos entrevistados (11/23) declararam que possuem alguém da família trabalhando na dendeicultura. Nesse caso, trabalham diretamente como assalariados nos dendezais das empresas Marborges e Agropalma, seja na colheita, carregamento, operador de máquina ou na aplicação de “veneno” (Glifosato), como exposto pela entrevistada 14. Esse cenário reforça o exposto por Nahum e Santos (2013) e Castro e Simões (2022) sobre como esses empreendimentos de interesses e motivações contrastantes aos das comunidades que vivem no Jambuaçu, e com capacidades desiguais de poder econômico, político e de decisão, alteram suas paisagens, costumes, e tradições, mudando seu ritmo e modo de vida. O intenso fluxo de pessoas e caminhões passa a ser rotina, também, no Jambuaçu.

Sobre a percepção dos danos ocasionados pela dendeicultura, as alterações mais citadas pelos entrevistados referiram-se aos igarapés e ao aumento na temperatura. Declararam que a água se tornou “imprópria”, “suja”, “poluída”, “piorado”, e relacionam isso ao uso de agrotóxicos e à presença da atividade mineradora na região. Outros impactos citados foram: a falta de peixes e de caça, aumento da temperatura, desmatamento, solo impróprio, falta de segurança, calor excessivo e destruição das estradas.

O calor excessivo foi citado em entrevistas realizadas em trabalho de Nahum e Santos (2013) também no território quilombola do Jambuaçu. O mesmo foi relatado por entrevistados do território indígena Tembê, que também enfrentam os danos ocasionados pela pressão da expansão da dendeicultura sob seu território (Damiani *et al.*, 2020). Entretanto, nenhum estudo ainda foi conduzido na avaliação da contribuição de dendezais no aumento da temperatura.

Como forma de compensação aos danos provocados à comunidade, as empresas pavimentam ruas, constroem escolas de ensino fundamental, médio e de curso técnico (Casa familiar rural) (Figura 23). Entretanto, a pavimentação de estradas é necessária para o escoamento da produção, e os cursos técnicos ofertados na casa familiar rural buscam qualificar os moradores do Jambuaçu para trabalhar na agroindústria do dendê. Assim, reproduz-se ações em prol da perpetuação da dendeicultura na região, transfiguradas como atos de compensação e aproximação da empresa com a comunidade.

Percebemos ao longo da visita de campo no Jambuaçu, um claro exemplo sobre o conceito de conflitos socioambientais a partir da lógica da ecologia política, a qual destaca a disputa pela aquisição de bens e serviços ambientais. Esse conflito é travado entre atores sociais com diferentes objetivos e capacidades desiguais de poder (Alier; Jusmet, 2000). Farias (2022) expõe de forma profunda a dinâmica da dendeicultura na Amazônia relacionada à visão da ecologia política ao destacar a subsunção não só da força de trabalho direcionada à produção de dendê nas empresas, mas da população rural como um todo, tornando-se fonte de “novos conflitos e expressões originais da histórica luta de classes em bases ecológicas”.

A importância da associação na luta pelo território é primordial na manutenção dos interesses e dos limites do quilombo sob a iminente expansão dos dendezais (Castro; Simões, 2022). No contexto do Jambuaçu, isso pode ser refletido no número de entrevistados que pertencem a alguma organização social (14/9), seja associação ou cooperativa. O sentimento de pertencimento ao território dos moradores do Jambuaçu motiva seu forte engajamento em prol da conquista de seus interesses e de suas causas, mesmo sob circunstâncias adversas provocadas pelo contexto da agroindústria.

No assentamento Arauaí, não observamos essa harmonização dos agricultores em prol de interesses comuns à comunidade. Antagonicamente, no Arauaí pudemos observar conflitos e certo nível de desconfiança entre os próprios agricultores, especialmente sobre o consórcio de terceirização de serviços. Assim, formam-se, de acordo com Nahum e Bastos (2014), espaços rurais “esquizofrênicos”, pois começam a ser ordenados a partir de interesses exógenos, tornando-se trabalhadores do capital, contribuindo na construção cada vez mais próxima de um campo sem camponeses.

#### **4.4 Conclusão**

Resgatando a pergunta que direcionou este artigo “De que forma a dendeicultura se expandiu espacialmente na microrregião de Tomé-Açu?”, percebemos duas formas de expansão e interação da dendeicultura com o espaço rural da MRTA. Em relação a sua expansão, identificamos que as áreas atuais destinadas ao cultivo de dendezeiros originaram-se tanto de áreas antropizadas (pastos e solo exposto) quanto de florestas (primárias e secundárias). A sua interação com o agricultor pode ser majoritariamente consonante, como ocorre no assentamento Arauaí através dos projetos de integração de agricultura familiar. Por outro lado, a interação também pode ser majoritariamente conflituosa, como ocorre no território quilombola do Jambuaçu, onde observa-se constantes tensões e conflitos envolvendo a empresa e os quilombolas.

Através dos resultados obtidos na classificação supervisionada por objetos, percebeu-se que a dendeicultura não é a maior fonte de desflorestamento direto, na MRTA. Durante todo o período analisado, os dendezaís expandiram-se, majoritariamente (85%) sob áreas antropizadas. Entre 1988 e 2023, 32.322 hectares de florestas (primárias e secundárias) foram convertidas em dendezaís, ao passo que 182.406 hectares de áreas antropizadas foram convertidas em dendezaís. A pastagem motrou-se a principal fonte de desflorestamento na MRTA, ainda considerando o contexto mais recente (2015 – 2023), convertendo 716.501 hectares de floresta durante todo o período analisado. Entretanto, este cenário indica que a expansão de dendezaís ocorre por desflorestamento indireto, pois nas áreas desmatadas ilegalmente, onde deveria haver restauração florestal, há seu uso para consolidar novas plantações.

Contudo, a partir da base de dados do Landsat (resolução espacial de 30 metros) não foi possível detectar eficientemente desflorestamento relacionado à dendeicultura a nível de pequeno produtor (< 25 hectares). Considerando que a maioria dos polígonos da transição “floresta-dende” detectados foram menores que 10 hectares, a expansão pode estar ocorrendo

a nível pequeno. O mesmo problema foi observado por (Benami *et al.*, 2018), que, também, aponta a hipótese de que o desflorestamento associado à expansão de dendezeiros possa estar ocorrendo em um nível não detectável para o LandSat. Assim, seria pertinente a condução de estudos sobre detecção de mudanças utilizando bases de imagens com resoluções espaciais mais precisas (Sentinel 2A, Planet, CBERS, Worldview), principalmente considerando o contexto mais recente de expansão (2015-2023). Entretanto, a escassa disponibilidade de imagens de boa qualidade (livre de nuvens) torna esta tarefa difícil. Além disso, as bases de imagens que possuem as melhores resoluções e escalas temporais possuem um preço inacessível para a maioria dos pesquisadores no Brasil.

Os danos percebidos mais significativos provocados pela dendeicultura referem-se majoritariamente ao domínio social. No Arauaí, os danos são consequência da subsunção da força de trabalho dos agricultores e da submissão a contratos abusivos de associação, que desencadeiam conflitos entre os moradores da comunidade, a descampesinização, a perda de cultura, costumes tradicionais e identidade, e o risco à produção de alimentos. No Jambuaçu, consideramos o contexto vivido mais crítico, pois lá a comunidade detém apenas o ônus da dendeicultura. Dentre os danos observados e relatados pelos moradores, o conflito de terras e o impacto nos corpos hídricos foram os danos mais significativo.

Percebemos que as empresas, em certas circunstâncias, atuam na ausência de ações estatais, no que se refere à concepção de infraestrutura. Tanto no caso do Arauaí como no Jambuaçu, as empresas participaram de construções de vias, pavimentação de estradas, construções de postos de saúde e escolas. Essas ações de compensação provocam a aceitação das condições impostas pela empresa às comunidades. Assim, a ausência da responsabilidade do Estado em prover infraestrutura básica para a população rural, também incentiva a perpetuação não só da atividade produtiva da dendeicultura, mas também de suas consequências, que são sentidas somente pelos moradores das comunidades, os quais nem sequer a iniciaram.

Sustentamos que deva haver a resignificação nas formas de integração (no caso do Arauaí) e aproximação (no caso do Jambuaçu) com as comunidades rurais. Deve-se considerar a realidade local, o modo de vida e os costumes. Em relação ao Arauaí, de fato, o aumento da renda obtida pelos projetos de integração traz mais dignidade ao agricultor. É necessário deixar claro que não criticamos a obtenção de bens pelos agricultores, tampouco seu aumento de poder aquisitivo. A preocupação consiste nas consequências que são trazidas junto com os benefícios remunerativos. Deve-se flexibilizar os contratos entre os associados e as empresas, dar mais autonomia ao agricultor, autonomia essa que antes detinham.

Por fim, recomenda-se dirigir estudos sobre os impactos na qualidade da água e no aumento da temperatura relacionados à dendeicultura, pois são vários os relatos obtidos neste trabalho e na literatura citada.

## Referências

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 477–487, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G.; FERRAZ, S. F. B. Long-term assessment of oil palm expansion and landscape change in the eastern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 90, 1 jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104321>.

BACKHOUSE, M. A desapropriação sustentável da Amazônia O caso dos investimentos em dendê no Pará. **Working Paper**, vol. 6, 2013. Disponível em: [www.die-gdi.de](http://www.die-gdi.de).

BENAMI, E.; CURRAN, L. M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: Evaluating the 2010 Brazilian Sustainable Palm Oil Production Program. **Environmental Research Letters**, vol. 13, nº 3, 1 mar. 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa270>.

BICALHO, T.; BESSOU, C.; PACCA, S. A. Land use change within EU sustainability criteria for biofuels: The case of oil palm expansion in the Brazilian Amazon. **Renewable Energy**, vol. 89, p. 588–597, 1 abr. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.017>.

BUTLER, R. A.; LAURANCE, W. F. Is oil palm the next emerging threat to the Amazon? **Mongabay.com Open Access Journal-Tropical Conservation Science**, vol. 2, nº 1, p. 1–10, 2009. Disponível em: <http://www.agropalma.com.br>.

CASSOL, H. L. G.; DE MELO, L. C.; DA SILVA MENDES, F.; FONSECA, R.; SANQUETTA, C. R. Redução de emissões de CO<sub>2</sub> pela produção de biocombustíveis a partir de óleo de dendê na Amazônia Brasileira. **Floresta**, vol. 46, nº 1, p. 135–144, 2016. <https://doi.org/10.5380/rf.v46i1.41516>.

CASTRO, E. M. R. de. **Territórios em transformação na Amazônia: saberes, rupturas e resistências**. 1º ed. Belém: NAEA, 2017. vol. 1, .

DAMIANI, S.; GUIMARÃES, S. M. F.; MONTALVÃO, M. T. L.; PASSOS, C. J. S. “All That’s Left is Bare Land and Sky”: Palm Oil Culture and Socioenvironmental Impacts on a Tembé Indigenous Territory in the Brazilian Amazon. **Ambiente e Sociedade**, vol. 23, p. 1–25, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20190049R2VU2020L6AO>.

DIAS, F. G.; LIMA, A. M. de; SILVA, E. V. da; SOUZA, H. E. N. Diagnóstico geoambiental da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Acará, Amazônia Oriental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, vol. 9, nº 3, p. 320, 30 set. 2020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020320-342>.

FARIAS, A. L. de A. **O grande projeto da dendeicultura na Amazônia impactos, conflitos e alternativas**. 1º ed. Belém: NUMA/UFPA, 2022. v. 1.

FERREIRA, S. C. G.; LIMA, A. M. M. de; CORRÊA, J. A. M. Zoneamento da bacia hidrográfica do rio Moju (Pará): usos da água e sua relação com as formas de uso e cobertura do solo. **Revista Ambiente e Água**, vol. 9, nº 3, p. 445–458, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

ALIER, Joan Martínez; JUSMET, Jordi Roca. **Economía ecológica y política ambiental**. Fondo de Cultura económica, 2000.

NAHUM, J. S.; BASTOS, C. dos S. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 469–485, 2014. .

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. A dendeicultura na Amazônia paraense. v. 20, n. 2, 2016. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Formação dos projetos de agricultura familiar com dendezeiro na Amazônia paraense. **Revista Campo-Território**, v. 17, n. 46 ago., p. 201–222, 6 set. 2022. <https://doi.org/10.14393/rct174609>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense. **Revista ACTA Geográfica**, p. 63–80, 2013. <https://doi.org/10.5654/actageo2013.0003.0004>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. O boom do dendê na microrregião de Tomé-Açu, na Amazônia paraense. **Confins**, n. 25, 4 nov. 2015. <https://doi.org/10.4000/confins.10536>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, L. de S.; SANTOS, C. B. dos. Usos e abusos dos recursos hídricos pela dendeicultura na Amazônia Paraense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 19, e 202010, 22 jan. 2020a. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.e202010>.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia**. [S. l.]: Embrapa Solos, 2010.

SANTOS, C. dos B. dos. **Dinâmicas territoriais, dendeicultura e produção de culturas alimentares: o caso do município de Moju, PA**. 1º ed. Belém: Editora Itacaiúnas, 2022. vol. 1, . <https://doi.org/10.36599/itac-dtdpca>.

SOUZA, R. R. N. de; VIANA, L. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Avaliação de Impacto Ambiental na Dendeicultura e Agricultura Familiar no município de Acará-Pará (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 14–38, 2019. .

STRAND, J.; SOARES-FILHO, B.; COSTA, M. H.; OLIVEIRA, U.; RIBEIRO, S. C.; PIRES, G. F.; OLIVEIRA, A.; RAJÃO, R.; MAY, P.; VAN DER HOFF, R.; SIIKAMÄKI, J.; DA MOTTA, R. S.; TOMAN, M. Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services. **Nature Sustainability**, vol. 1, nº 11, p. 657–664, 1 nov. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0175-0>.

YUI, S.; YEH, S. Land use change emissions from oil palm expansion in Pará, Brazil depend on proper policy enforcement on deforested lands. **Environmental Research Letters**, vol. 8, nº 4, 2013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044031>.



## **CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO GERAL**

### **5.1 Resultados Chaves: Impactos e implicações**

Através da revisão bibliográfica realizada no capítulo 2, percebemos a permanência de do discurso que promete integração econômica e social do espaço rural adaptado à dendeicultura. O alinhamento de interesses entre empresas e estado incentiva a criação de mecanismos de favorecimento ao estabelecimento da dendeicultura na região. Dentre esses mecanismos, os principais são o PNPB e o ZAE - dendê. Percebemos que a relação entre Estado e empresas atua na perpetuação do modelo de produção neoextrativista focado na reprodução do capital. O Estado legitima ações de fomento à expansão, enquanto as empresas materializam, no território, os programas e projetos promovidos pelo estado, catalisando e gerando conflitos latentes e emergentes. No discurso promovido pelos projetos, a integração da agricultura familiar busca gerar renda, autonomia e melhoria de vida ao agricultor, mas na prática subverte sua mão de obra e sua terra. Percebeu-se que, historicamente, não há espaço de discussão para propostas alternativas de integração econômica rural, há anos os modelos de produção que atuam até os dias de hoje são considerados como a “única solução para a Amazônia”.

No capítulo 3, os resultados obtidos foram fundamentais na compreensão sobre como técnicas de geoprocessamento, em especial a classificação supervisionada através de pixels e objetos, funcionam na detecção de dendezaís na Amazônia. Identificamos áreas de dendezaís e detectamos danos ambientais relacionados à conversão de floretas em todos os métodos testados, apesar de uns terem sido mais eficientes que outros. Dentre as duas abordagens testadas (por pixel e por objetos), a classificação realizada por objetos foi mais eficiente. O uso de índices de vegetação contribui no aumento de performance em ambas as abordagens.

A partir do capítulo 4 identificamos que as áreas atuais destinadas ao cultivo de dendezeiros originaram-se tanto de áreas antropizadas (pastos e solo exposto) quanto de florestas (primárias e secundárias). Os monocultivos de dendezeiros expandiram-se, majoritariamente (85%), sob áreas antropizadas. Entretanto, entre 1988 e 2023, 32.322 hectares de florestas (primárias e secundárias) foram convertidas em dendezaís, ao passo que 182.406 hectares de áreas antropizadas foram convertidas em dendezaís, indicando que a dendeicultura se expande por desflorestamento indireto. A interação da dendeicultura com comunidades rurais pode ser consonante, como ocorre no assentamento Arauaí através dos projetos de integração de agricultura familiar. Por outro lado, também pode ser conflituosa, como ocorre no território quilombola do Jambuaçu, onde observa-se constantes tensões e conflitos envolvendo a empresa e os moradores. Sustentamos a hipótese de que a expansão recente da dendeicultura possa estar ocorrendo a nível de pequenos produtores, em um nível não detectável

eficientemente pelo LandSat. No assentamento Arauaí, percebemos que os danos observados estão relacionados à subsunção da força de trabalho dos agricultores e da submissão a contratos abusivos de associação, que desencadeiam conflitos entre os moradores da comunidade, a descampesinização, a perda de cultura, costumes tradicionais e identidade, e o risco à produção de alimentos. No Jambuaçu, o contexto vivido pelos moradores é mais crítico, pois lá a comunidade sofre com as consequências da dendeicultura e da mineração. Lá, observamos o conflito de terras e a modificação no modo de vida da comunidade devido a absorção da mão de obra local em prol da dendeicultura. Além disso, nos relataram alterações na qualidade da água dos igarapés e o aumento da sensação térmica.

## **5.2 Conclusões de forma integrada**

Compreendemos a expansão da dendeicultura como fonte de danos socioambientais a partir de sua ocupação espacial do território, objetivo geral desta dissertação de mestrado. A dendeicultura mostra-se voraz em sua forma de interação com os atores que compreendem o espaço rural da MRTA. As circunstâncias que encontram nos espaços em que se consolidam determinam a forma de manifestação dessa voracidade. Como percebemos, as empresas da agroindústria do dendê não atuam sozinhas, a atuação conjunta do Estado foi essencial para a sua expansão e consolidação.

Observamos o contexto histórico de construção de um cenário politicamente e legalmente permissivo para a expansão da dendeicultura. A desconsideração do modo de vida do agricultor parece ser uma constante na concepção dos programas de integração familiar, onde não há estratégias de adaptação ou integração focalizada. Simultaneamente, percebe-se um contexto rural repleto de lacunas que favorece o enraizamento desse modelo de política em diferentes níveis das relações estabelecidas entre os atores sociais. Essas lacunas referem-se, essencialmente, à falta de ações do estado na geração de infraestrutura, oportunidades, educação e saúde nas comunidades do espaço rural amazônico. Sobre esse contexto politicamente e economicamente fragilizado, a dendeicultura cativa os agricultores familiares que aceitaram integrar sua cadeia produtiva, como observamos no Arauaí, e se aproxima espacialmente de quem nunca o quis perto e luta por reconhecimento e território, como testemunhado no Jambuaçu.

Essa dinâmica, que tem sua concepção pautada no âmago de ações estatais de fomento, materializa-se no espaço, especialmente no uso e ocupação do solo da MRTA. Com isso, torna-se possível o monitoramento de sua expansão, onde tecnologias de sensoriamento remoto surgem como uma ferramenta primordial nesta tarefa. Como vimos, diferentes métodos de

geoprocessamento são capazes de detectar, além dos dendezaís, os danos causados com a sua expansão, especialmente a realizada através de desflorestamento. Diversos dendezaís localizam-se muito próximos a áreas de floresta e de comunidades tradicionais como quilombolas, ribeirinhos e indígenas, portanto, seu monitoramento e fiscalização permanente é primordial para assegurar a integridade territorial desses povos.

Entretanto, além de tomar conhecimento sobre o histórico do processo de formação e expansão e aplicar técnicas avançadas de geoprocessamento, o contato com quem realmente vivencia a realidade estabelecida pela dendeicultura, e que sofre com os danos dessa atividade, é primordial no entendimento dessa dinâmica. As idas a campo, tanto no Arauaí, quanto no Jambuaçu, foram experiências que fizeram perceber que não se trata somente de “conversão de florestas” ou “alterações na qualidade da água”, se trata, no âmago desta problemática, sobre seres humanos que buscam viver suas vidas com dignidade, e que lutam pelo seu direito de vivê-las.

### **5.3 Prioridades para pesquisas futuras**

Para a continuação de pesquisas futuras, sugere-se desenvolver um estudo sobre a expansão recente da dendeicultura a nível de pequenos produtores. Não se observa significativamente a expansão recente da dendeicultura, a nível industrial, associada a desflorestamento utilizando imagens de 30 metros de resolução. Assim, esta análise deve ser feita com a utilização de imagens de alta resolução como *Sentinel*, *RapidEye*, *Planet*, *WorldView* ou CBERS.

Ao considerar os danos percebidos pelos moradores do território quilombola do Jambuaçu, sugerimos a análise do efeito dos dendezaís na temperatura do ar e na temperatura de superfície, e como isso influi no conforto térmico dos moradores atingidos. Para isso, seria ideal considerar a sazonalidade local, com uma escala temporal de no mínimo um ano. Se possível, o uso de estações de medição dentro de dendezaís seria essencial na obtenção de resultados consistentes.

Dentre todas as sugestões, consideramos que seja mais crucial a condução de um estudo de avaliação da qualidade da água afetada por dendezaís. Neste caso, seriam analisadas tanto as águas de igarapés quanto as de poço, utilizadas no consumo direto dos moradores das comunidades. Além da qualidade, seria importante verificar se há alteração na disponibilidade de água. Assim, a avaliação da vazão em trechos estratégicos dos rios que compreendem as comunidades e as áreas de monocultivo de dendezeiros seria essencial. Esta última sugestão demandaria tempo para as realizar coletas (mínimo de 1 ano para considerar a sazonalidade da

região) e análises laboratoriais, portanto, seria essencial para ser desenvolvida em uma tese de doutorado.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Revista Ambiente e Agua**, v. 9, n. 3, p. 477–487, 2014. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.
- ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G.; FERRAZ, S. F. B. Long-term assessment of oil palm expansion and landscape change in the eastern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 90, 1 Jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104321>.
- BACKHOUSE, M. A desapropriação sustentável da Amazônia o caso dos investimentos em dendê no Pará. **Working Paper**, v. 6, 2013. Disponível em: [www.die-gdi.de](http://www.die-gdi.de).
- BENAMI, E.; CURRAN, L. M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: Evaluating the 2010 Brazilian Sustainable Palm Oil Production Program. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, 1 Mar. 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa270>.
- DAMIANI, S.; GUIMARÃES, S. M. F.; MONTALVÃO, M. T. L.; PASSOS, C. J. S. “All That’s Left is Bare Land and Sky”: Palm Oil Culture and Socioenvironmental Impacts on a Tembé Indigenous Territory in the Brazilian Amazon. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, p. 1–25, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20190049R2VU2020L6AO>.
- DI CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, p. 53–67, 2010. .
- DIAS, F. G.; LIMA, A. M. de; SILVA, E. V. da; SOUZA, H. E. N. Diagnóstico geoambiental da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Acará, Amazônia Oriental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 320, 30 set. 2020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020320-342>.
- FARIAS, A. L. de A. **O grande projeto da dendeicultura na Amazônia impactos, conflitos e alternativas**. 1º ed. Belém: NUMA/UFPA, 2022. v. 1 .
- JATOBÁ, S. U. S.; CIDADE, L. C. F.; VARGAS, G. M. Ecologismo, Ambientalismo e ecologia política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. **Sociedade e Estado**, v. 24, n. 1, p. 47–87, 2009. .
- LEE, J. S. H.; WICH, S.; WIDAYATI, A.; KOH, L. P. Detecting industrial oil palm plantations on Landsat images with Google Earth Engine. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 4, p. 219–224, 1 Out. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2016.11.003>.
- ALIER, Joan Martínez; JUSMET, Jordi Roca. **Economía ecológica y política ambiental**. Fondo de Cultura económica, 2000.
- MEIJAARD, E.; BROOKS, T. M.; CARLSON, K. M.; SLADE, E. M.; GARCIA-ULLOA, J.; GAVEAU, D. L. A.; LEE, J. S. H.; SANTIKA, T.; JUFFE-BIGNOLI, D.; STRUEBIG, M. J.; WICH, S. A.; ANCRENAZ, M.; KOH, L. P.; ZAMIRA, N.; ABRAMS, J. F.; PRINS, H. H. T.; SENDASHONGA, C. N.; MURDIYARSO, D.; FURUMO, P. R.; ... SHEIL, D. The environmental impacts of palm oil in context. **Nature Plants**, v. 6, n. 12, p. 1418–1426, 1 Dez. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Dendê para quê? Dendê para quem? A ideologia da fronteira na Amazônia paraense. **Revista NERA**, v. 42, p. 113–134, 2018. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos\\_diretrizes.htm](http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos_diretrizes.htm).

NAHUM, J. S.; BASTOS, C. dos S. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 469–485, 2014.

NAHUM, J. S.; MALCHER, A. T. C. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). **Confins**, n. 16, 20 nov. 2012. <https://doi.org/10.4000/confins.7947>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades tradicionais na Amazônia paraense. **Revista Acta Geográfica**, p. 63–80, 2013. <https://doi.org/10.5654/actageo2013.0003.0004>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, C. B. dos. O boom do dendê na microrregião de Tomé-Açu, na Amazônia paraense. **Confins**, n. 25, 4 nov. 2015. <https://doi.org/10.4000/confins.10536>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, L. de S.; SANTOS, C. B. dos. Formação da dendeicultura na Amazônia paraense. **Mercator**, v. 19, n. 3, p. 1–14, 15 mar. 2020a. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19007>.

NAHUM, J. S.; SANTOS, L. de S.; SANTOS, C. B. dos. Usos e abusos dos recursos hídricos pela dendeicultura na Amazônia Paraense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 19, p. 202010, 22 jan. 2020b. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.e202010>.

SANTOS, A. R. da S.; FARIAS, A. L. A. de; LOPES, L. O. do C. Conflitos socioambientais: análise das estratégias das empresas de dendê na Amazônia paraense. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 39, p. 211–231, 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts>.

SASWATTECHA, K.; KROEZE, C.; JAWJIT, W.; HEIN, L. Assessing the environmental impact of palm oil produced in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, v. 100, p. 150–169, 1 Ago. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.037>.

SOUSA, A. C. do Rosário ; GEMAQUE, A. M. da Silva; BELTRÃO, N. E. Santos. Integração da dendeicultura à agricultura familiar: um estudo dos impactos socioambientais e econômicos no polo de produção em Concórdia, Pará. **Holos**, v. 2, p. 1–22, 23 dez. 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.7015>.

SOUSA, R. B. de; MACEDO, C. O. Agronegócio do dendê e campesinato no Pará. **Geosul**, v. 34, n. 71, p. 525–549, 7 maio 2019. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n71p525>.

SOUZA, R. R. N. de; VIANA, L. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Avaliação de impacto ambiental na dendeicultura e agricultura familiar no município de Acará-Pará (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 14–38, 2019. .

YUI, S.; YEH, S. Land use change emissions from oil palm expansion in Pará, Brazil depend on proper policy enforcement on deforested lands. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 4, 2013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044031>.

**APÊNDICE A**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
PROJETO DE PESQUISA “OBSERVATÓRIO DO DENDÊ”

**QUESTIONÁRIO:**

OBJETIVO: Caracterizar as mudanças e permanências na vida dos agricultores do projeto

1 - Há quanto tempo trabalha no projeto:

- a) 1 a 5 anos
- b) 5 a 10 anos
- c) 11 a 15 anos
- d) 15 a 20 anos

2 – Quantas pessoas da casa trabalham no projeto

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

3 – Quais suas últimas 3 atividades antes de cultivar dendê?

---

4 – O cultivo de dendezeiros é sua principal fonte de renda?

- a) sim
- b) não

5 – Quais atividades praticam além do dendê?

---

6 – Quais principais benefícios que o dendê trouxe para sua família?

---

7 – Quais bens e patrimônios adquiriu desde a integração ao projeto?

---

8 – Qual principal fonte de água da comunidade?

- a) rio/igarapé
- b) poço

9 – Considera a qualidade da água boa para consumo?

- a) sim
- b) não

Por que: \_\_\_\_\_

10 – O que sugere para melhorar o cultivo do dendê

---

## APÊNDICE B

Questionário aplicado aos moradores do território quilombola do Jambuaçu

Data: \_\_/\_\_/\_\_ Ponto: Comunidade: Nome do morador:

### 1. Caracterização da família

1.1 A família possui outras propriedades?

Sim ( ) Não ( )

1.2 Incluindo você, quantas pessoas moram no local?

3 ou menos ( ) Entre 4 e 7 ( ) Entre 7 e 10 ( ) Mais de 10 ( )

1.3 A família recebe algum tipo de auxílio do governo?

Sim ( ) Não ( )

1.4 Se recebe, que tipo?

Aposentadoria ( ) Bolsa família ( ) Outros ( )

1.5 Algum membro da família desenvolve alguma atividade fora da propriedade?

Sim ( ) Não ( )

1.6 Se desenvolve, quais?

### 2. Caracterização da propriedade/sistema de produção

2.1 Que documento o lote possui?

Título do INCRA ( ) Doc. de compra e venda ( ) Outro: \_\_\_\_\_

2.2 Como foi o processo de aquisição da área?

Assentado pelo INCRA ( ) Ocupação ( ) Compra ( ) Doação ( ) Herança ( ) Troca ( )

2.3 Qual o ano de chegada na propriedade?

2.4 Em que ano foi feita a primeira abertura do lote?

2.5 Como foi feita essa abertura (processos)?

2.6 O que tinha no lugar na época de sua chegada?

2.7 Na época de chegada no lote, quais eram as atividades agrícolas desenvolvidas?

2.8 Houve alguma mudança nas atividades desenvolvidas na época para as desenvolvidas atualmente?

Sim ( ) Não ( )

2.9 Se sim, por qual motivo?

2.10 Atualmente, quais as atividades agrícolas desenvolvidas no lote?

Pecuária ( ) Criação de animais de peq. porte ( ) Psicultura ( ) Roça ( ) Culturas perenes ( ) Extrativismo ( ) Outros: \_\_\_\_\_

2.11 Dessas atividades, qual a principal fonte de renda da família?



2.12 É utilizada alguma mão de obra externa nessas atividades?

Sim ( ) Não ( )

2.13 Atualmente, qual a principal fonte de água da sua casa?

Igarapé ( ) Poço ( ) Cosanpa ( ) Poço com bomba ( )

2.14 No seu entendimento, a qualidade da água é:

Excelente ( ) Boa ( ) Ruim ( ) Imprópria para consumo ( )

### **3. Relações com atores externos**

3.1 Já recebeu ou recebe algum tipo de assistência técnica?

Nunca recebeu ( ) Já recebeu ( ) Recebe ( )

3.2 Se já recebeu ou recebe, de qual(is) entidade(s)?

Emater ( ) STR ( ) Prefeitura ( ) Estado ( ) Empresa ( ) Outros: \_\_\_\_\_

3.3 Que tipo de assistência foi recebida

Financiamento ( ) Inscrição no CAR ( ) Acompanhamento de atividades ( )

3.4 Já recebeu algum tipo de financiamento?

Sim ( ) Não ( )

3.5 Se sim, de qual tipo?

3.6 Participa de algum tipo de organização social?

Sim ( ) Não ( )

3.7 Se sim, de qual?

Sindicato ( ) Cooperativa ( ) Associação ( ) Outro: \_\_\_\_\_

3.8 Já foi autuado por algum órgão ambiental?

Sim ( ) Não ( )

3.9 Se sim, por que motivo?

3.10 Recebeu ou recebe alguma informação sobre legislação ambiental?

Sim ( ) Não ( )

3.11 Se sim, de quem?

Sindicato ( ) Cooperativa ( ) Município ( ) Outros: \_\_\_\_\_

3.12 Como você considera a qualidade das informações?

Ruim ( ) Intermediária ( ) Boa ( ) Ótima ( )

### **4. Conhecimento sobre impactos da dendeicultura**

4.1 Sua família morava aqui no território antes da chegada da dendeicultura?

4.2 No seu entendimento, quais os melhores benefícios que a dendeicultura trouxe para o território quilombola?

4.3 Na sua família tem alguém que trabalha na dendeicultura? Em que atividade?

4.4 No seu entendimento, quais as principais alterações que a dendeicultura trouxe para o território quilombola?

4.5 O território recebe algum apoio ou ajuda da empresa? Qual?

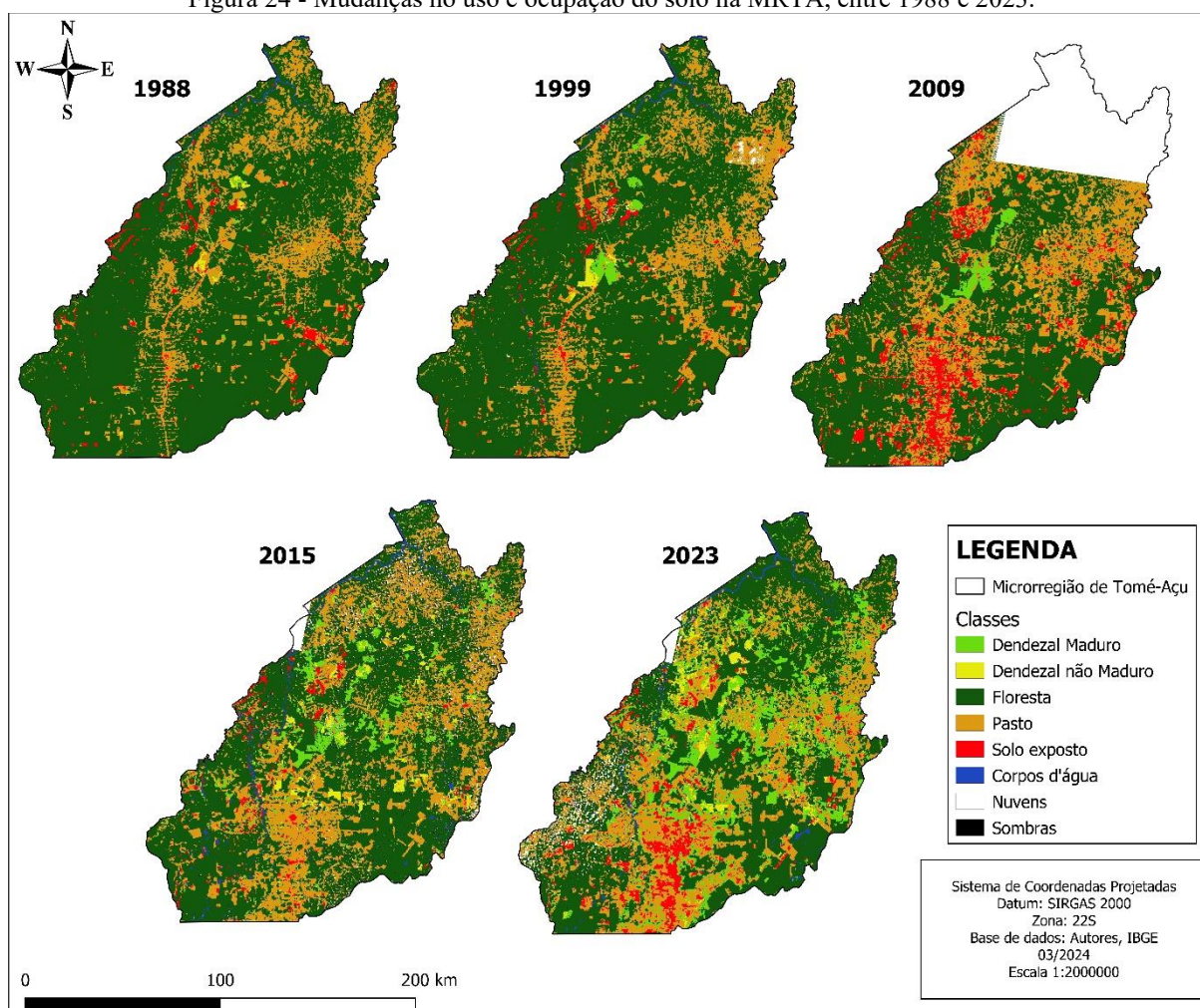
## APÊNDICE C

### Material Suplementar do capítulo 4

Tabela 12 - Área (hectares) das classes na MRTA, entre 1988 e 2023.

Classes	1988		1999		2009		2015		2023	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Dende maduro	19,419	0.82%	18,550	0.78%	41,248	2.03%	84,058	3.63%	153,919	7.10%
Dende não maduro	198	0.01%	12,982	0.55%	24,851	1.22%	52,265	2.25%	43,166	1.99%
Floresta	1,804,609	76.13%	1,730,501	73.20%	1,170,687	57.67%	1,346,775	58.09%	1,114,280	51.43%
Pasto	479,219	20.22%	524,259	22.17%	607,351	29.92%	664,386	28.66%	650,770	30.04%
Solo exposto	55,959	2.36%	56,005	2.37%	181,759	8.95%	55,649	2.40%	125,801	5.81%
Hidrografia	10,863	0.46%	13,294	0.56%	3778	0.19%	50,019	2.16%	38,198	1.76%
Nuvem	50	0.00%	7468	0.32%	346	0.02%	31,464	1.36%	28,914	1.33%
Sombra	34	0.00%	1143	0.05%	129	0.01%	33,810	1.46%	11,465	0.53%
Total	2,370,351	100.00%	2,364,202	100.00%	2,030,149	100.00%	2,318,426	100.00%	2,166,513	100.00%

Figura 24 - Mudanças no uso e ocupação do solo na MRTA, entre 1988 e 2023.



Nota: Não havia imagens disponíveis para complementar a área inteira da MRTA no ano de 2009.

Figura 25 - Transições dos dendezais na MRTA, entre 1988 e 2023.

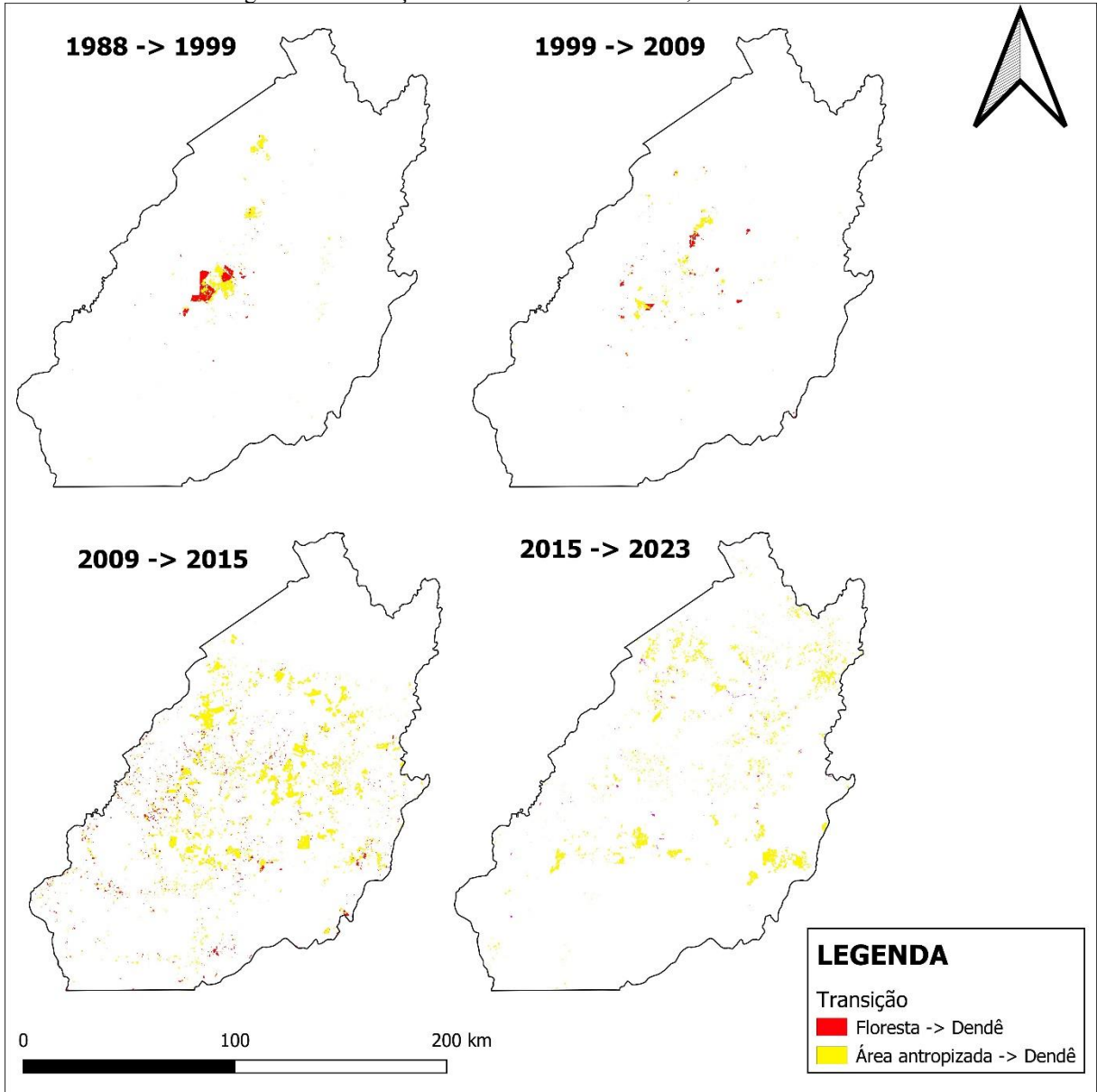
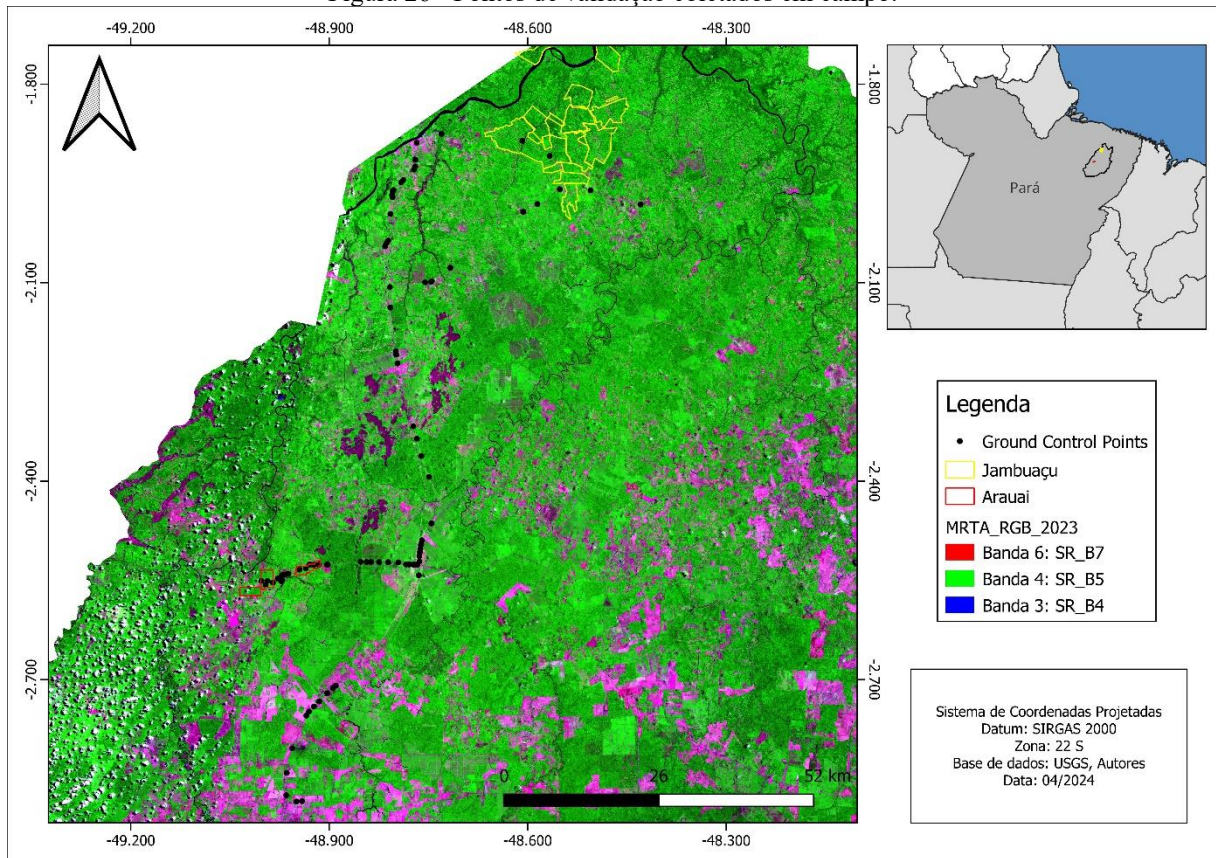


Figura 26 - Pontos de validação coletados em campo.



## APÊNDICE D

Tabela 13 - User e Producer's accuracy de todas as classes, para a abordagem GEOBIA.

DATASET	Classificador	Classes															
		Dendê maduro		Dendê imaturo		Floresta		Pasto		solo exposto		água		Nuvens		Sombras	
		User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer
DataSet 1	Random Forest	98.68%	99.34%	91.57%	94.70%	99.06%	98.64%	97.62%	99.41%	98.98%	97.01%	99.37%	96.91%	100.00%	96.53%	98.66%	94.23%
	CART	95.73%	98.90%	90.58%	92.83%	99.31%	97.20%	97.52%	97.84%	94.95%	96.68%	95.18%	97.53%	99.28%	95.14%	99.32%	92.95%
	Minimun Distance	98.54%	89.40%	52.33%	83.80%	96.73%	95.17%	96.12%	64.92%	60.29%	96.68%	93.88%	94.75%	93.60%	96.53%	99.30%	91.03%
DataSet 2	Random Forest	99.55%	98.89%	91.89%	94.15%	98.26%	98.95%	97.27%	98.36%	96.60%	95.95%	98.77%	95.81%	99.26%	95.41%	97.81%	94.37%
	CART	98.20%	96.89%	87.57%	95.38%	97.64%	98.16%	97.69%	97.11%	96.11%	95.78%	96.72%	97.01%	99.26%	95.41%	100.00%	94.37%
	Minimun Distance	99.74%	84.22%	39.19%	83.08%	97.29%	91.49%	96.97%	54.60%	58.79%	98.15%	93.31%	91.92%	77.47%	99.65%	98.15%	74.65%
DataSet 3	Random Forest	95.68%	94.82%	90.32%	93.02%	97.08%	97.50%	96.92%	99.06%	98.32%	96.21%	99.68%	94.59%	100.00%	96.17%	98.60%	95.92%
	CART	94.58%	94.37%	87.77%	95.35%	96.66%	97.33%	97.43%	97.80%	96.31%	94.73%	97.21%	94.29%	100.00%	96.52%	99.28%	93.20%
	Minimun Distance	92.24%	66.89%	46.64%	78.41%	88.75%	93.80%	93.63%	64.72%	62.31%	95.06%	94.55%	93.69%	94.24%	96.86%	81.21%	91.16%
DataSet 4	Random Forest	92.04%	92.44%	84.87%	91.67%	97.15%	96.90%	96.23%	97.37%	96.64%	95.05%	97.64%	94.77%	100.00%	94.23%	99.30%	93.42%
	CART	91.17%	91.78%	78.98%	93.91%	96.59%	95.34%	97.18%	94.80%	93.54%	95.54%	95.45%	96.08%	99.60%	94.62%	99.30%	92.76%
	Minimun Distance	68.51%	76.89%	22.20%	76.28%	91.99%	82.16%	90.83%	26.68%	53.90%	91.25%	88.82%	88.24%	89.71%	93.85%	75.47%	78.95%

Tabela 14 - User e Producer's accuracy de todas as classes, para a abordagem *per pixel*.

DATASET	Classificador	Classes															
		Dendê maduro		Dendê imaturo		Floresta		Pasto		solo exposto		água		Nuvens		Sombras	
		User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer	User	Producer
DataSet 1	Random Forest	91.45%	94.34%	82.26%	77.51%	96.93%	96.51%	92.00%	95.37%	94.55%	89.52%	98.32%	96.37%	99.28%	96.49%	99.25%	99.25%
	CART	86.47%	88.24%	77.17%	72.95%	94.28%	91.97%	91.06%	91.70%	88.30%	88.87%	91.90%	97.36%	97.54%	97.19%	94.96%	98.51%
	Minimun Distance	96.31%	82.58%	48.49%	82.98%	95.11%	91.71%	96.70%	60.39%	58.87%	97.90%	89.30%	96.37%	92.16%	98.95%	98.48%	97.01%
DataSet 2	Random Forest	91.78%	89.98%	81.79%	75.08%	94.53%	95.98%	91.65%	95.61%	93.23%	88.49%	98.66%	93.95%	98.75%	95.56%	97.97%	97.97%
	CART	90.26%	90.85%	71.25%	74.75%	93.89%	94.62%	92.11%	92.92%	91.49%	89.17%	96.07%	93.31%	99.58%	96.37%	97.84%	91.89%
	Minimun Distance	97.45%	83.22%	49.49%	80.00%	96.25%	92.22%	95.90%	64.41%	55.20%	98.82%	88.52%	85.99%	87.81%	98.79%	99.10%	74.32%
DataSet 3	Random Forest	73.35%	75.16%	80.17%	60.12%	91.21%	90.03%	86.46%	94.68%	94.64%	86.49%	95.51%	96.09%	99.07%	93.01%	96.06%	90.91%
	CART	67.50%	66.74%	62.30%	61.89%	86.80%	86.65%	88.48%	89.20%	89.15%	87.81%	91.90%	93.65%	95.20%	96.27%	94.96%	92.31%
	Minimun Distance	86.51%	62.63%	47.04%	75.46%	89.05%	90.12%	90.35%	62.93%	60.96%	98.02%	86.55%	96.42%	94.07%	96.94%	95.80%	86.36%
DataSet 4	Random Forest	64.38%	67.16%	61.09%	43.29%	86.78%	87.37%	81.24%	91.36%	89.93%	80.74%	92.01%	88.71%	99.59%	95.40%	89.19%	86.67%
	CART	60.83%	58.90%	46.91%	46.34%	83.79%	83.86%	81.03%	83.04%	81.17%	78.80%	85.49%	86.83%	98.43%	95.79%	84.56%	84.00%
	Minimun Distance	67.86%	72.03%	36.10%	59.76%	89.77%	84.36%	85.65%	52.35%	53.31%	93.69%	82.11%	87.77%	98.84%	98.08%	91.18%	62.00%