



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO APLICADO À AGROECOLOGIA E
AO USO DOS RECURSOS NATURAIS

WILTON CARVALHO VILHENA JUNIOR

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA
ATUAL DO SOLO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA
RESERVAS LEGAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU – PA**

ANANINDEUA
2020

WILTON CARVALHO VILHENA JUNIOR

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA
ATUAL DO SOLO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA
RESERVAS LEGAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU – PA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos

Co-orientadora: Msc. Nariane Quaresma Vilhena

ANANINDEUA
2020

**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)

-
- V711g Vilhena Junior, Wilton Carvalho
Geotecnologias aplicadas ao mapeamento do uso e cobertura atual do solo para determinação de áreas disponíveis para reservas legais no município de Tomé-Açu - PA / Wilton Carvalho Vilhena Junior. — 2020.
48 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos
Coorientador(a): Profª. MSc. Nariane Quaresma Vilhena Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) -
Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos Naturais, Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2020.
1. Sensoriamento remoto. 2. Processamento digital de imagens.
3. Remanescentes florestais. 4. Legislação ambiental.
I. Título.

CDD 620.8

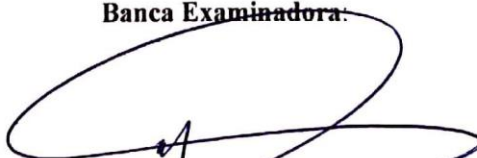
WILTON CARVALHO VILHENA JUNIOR

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA
ATUAL DO SOLO PARA DETERMINAÇÃO DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA
RESERVAS LEGAIS NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU – PA**


Monografia apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento
Aplicado à Agroecologia e ao Uso dos Recursos
Naturais, pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 16/01/2020

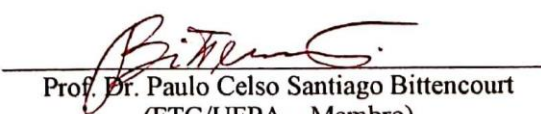
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos
(FTG/UFPA – Orientador)



Prof. Dr. Lúcio Miranda
(FTG/UFPA – Membro)



Prof. Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt
(FTG/UFPA – Membro)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela vida, pelas oportunidades e por ter me dado forças para não desistir mesmo diante de todas as adversidades.

À minha família pelo apoio incondicional.

Aos meus pais Wilton Vilhena e Nair Quaresma por todo o carinho e esforço. Por acreditarem e tornarem possível a realização deste objetivo.

À minha irmã Nariane Vilhena pelos conselhos, ensinamentos, por sempre me incentivar a batalhar pelos meus sonhos e por ser o meu maior exemplo de perseverança.

À todos os amigos que estiveram ao meu lado e que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho dando forças e apoio.

À minha namorada e amiga Fernanda de Andrade pelo companheirismo, carinho e por ter sido minha base, me acompanhando mesmo nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal do Pará pela infraestrutura e suporte à realização deste curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Augusto Machado Vasconcelos pela oportunidade de realizar este trabalho sob sua orientação e poder contribuir com o desenvolvimento científico da região. Também por todos os ensinamentos, assistência e acréscimo na minha formação.

Por fim, agradeço a todas aquelas pessoas que passaram pela minha vida durante esta jornada e que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste sonho.

RESUMO

A ocupação humana e as atividades antrópicas por meio da busca constante por bens e recursos da natureza acabam por causar mudanças significativas nas características naturais do meio ambiente. Nesse contexto, os estudos voltados ao diagnóstico do uso e cobertura do solo, através de suas análises integradas dos elementos que compõem o meio ambiente e a sociedade, ganham cada vez mais destaque nas discussões acerca de como conciliar desenvolvimento econômico e conservação ambiental. Baseado nisso, o presente trabalho teve como objetivo mapear o uso e a cobertura atual do solo e indicar as áreas disponíveis à manutenção de reservas legais no município de Tomé-Açu localizado na mesorregião do Nordeste Paraense, com o intuito de fomentar as discussões acerca da situação atual das florestas na Amazônia Legal e da legislação ambiental vigente. A metodologia utilizada se dividiu em duas etapas: na primeira objetivou-se delimitar as áreas originais de ocorrência de formações florestais e a identificação das áreas sobre as quais recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal; já na segunda buscou-se identificar os remanescentes de vegetação disponíveis para delimitação de reservas legais e as áreas antropizadas a partir do mapeamento do uso e cobertura do solo. Por meio do auxílio de imagens de sensores orbitais mediante a utilização de softwares de SIG, técnicas de processamento digital de imagens, sensoriamento remoto e geoprocessamento, foram gerados os mapas de uso e cobertura do solo, de localização das áreas de remanescentes florestais e de floresta alterada, além do indicador das áreas de remanescentes florestais disponíveis para manutenção de reservas legais. Os resultados obtidos baseados na imagem OLI/TIRS do Satélite Landsat-8 de julho de 2017 evidenciaram que o município estudado apresenta 57,70% de áreas de florestas remanescentes, valor inferior aos 80% exigidos pelo Código Florestal Brasileiro para áreas localizadas na região amazônica.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Processamento Digital de Imagens. Remanescentes Florestais. Legislação Ambiental.

ABSTRACT

Human occupation and anthropogenic activities through the constant search for nature's goods and resources eventually cause significant changes in the natural characteristics of the environment. In this context, studies focused on the diagnosis of land use and land cover, through the integrated analysis of the elements that make up the environment and society, are increasingly highlighted in discussions about how to reconcile economic development and environmental conservation. Therefore, the present work aimed to map the current land use and coverage and indicate the areas available for the maintenance of legal reserves in the municipality of Tomé-Açu located in the northeastern mesoregion of Pará, in order to foster discussions about the current situation of forests in the Legal Amazon and environmental legislation. The methodology was divided into two stages: the first aimed to delimit the original areas of occurrence of forest formations and the identification of the areas on which the legal reserve maintenance obligation falls; the second step sought to identify the remnants of vegetation available for delimitation of legal reserves and the anthropized areas from the mapping of land use and land cover. Through the aid of orbital sensor images and the GIS software, digital image processing techniques, remote sensing and geoprocessing, maps of land use and land cover, location of forest and forest remnant areas were generated, in addition to the indicator of forest remnant areas available for maintaining legal reserves. The results obtained based on the Landsat Satellite OLI / TIRS image-July 8, 2017 showed that the studied municipality has 57.70% of remaining forest areas, lower than the 80% required by the Brazilian Forest Code for areas located in the Amazon region.

Keywords: Remote Sensing. Digital Image Processing. Forest Remnants. Environmental legislation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de localização do município de Tomé-Açu.....	28
Figura 2 – Linhas de segmentação (cor azul) sobre parte da cena 223/62, dos sensores OLI/TIRS.....	31
Figura 3 – Mapa de uso e cobertura do solo do município de Tomé-Açu.....	35
Figura 4 – Áreas constituídas originalmente por formações florestais sobre as quais recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal.....	39
Figura 5 – Áreas de remanescentes florestais e de floresta alterada dentro do município de Tomé-Açu.....	40

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 – Área (ha) e percentual das principais classes de uso e cobertura do solo mapeadas no município de Tomé-Açu.....	34
Quadro 1 – Área de vegetação remanescente e alterada de floresta do município de Tomé-Açu.....	38

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

CAMTA – Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PDI – Processamento Digital de Imagens

RL – Reserva Legal

SAF – Sistema Agroflorestal

SEMAS-PA – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

USGS – United States Geological Survey

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1	Geotecnologias aplicadas à estudos ambientais	14
3.2	Análises do uso e cobertura do solo	17
3.3	Reservas legais	21
3.4	Breve histórico de formação e ocupação do município de Tomé-Açu	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1	Área de estudo	27
4.2	Procedimentos metodológicos	29
4.2.1	Levantamentos iniciais.....	29
4.2.2	Delimitação das áreas originais de ocorrência de formações florestais e identificação das áreas disponíveis para manutenção de reserva legal.....	30
4.2.3	Identificação dos remanescentes vegetais e das áreas alteradas.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	Uso e ocupação do solo	34
5.2	Identificação dos remanescentes vegetais disponíveis para manutenção de reserva legal	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O debate acerca do percentual das áreas a serem delimitadas como reservas legais no Brasil, desde a criação das primeiras normativas, vez ou outra retorna ao foco das discussões, seja por necessidade de atualização ou por interesse de grupos específicos. Os principais atores responsáveis por tratar do assunto e chegar a um consenso sobre a melhor forma de gestão dessas áreas, geralmente são o poder público, comunidade científica e sociedade em geral. No entanto, os diversos moldes e normas estabelecidos na tentativa de se aproximar de um melhor entendimento sobre o tema quase sempre encontram as mesmas limitações, a deficiência de informações atualizadas sobre a localização, dinâmica e composição desses ecossistemas.

Na região da Amazônia Legal percebe-se ainda uma maior dificuldade na aquisição desse tipo de conhecimento, onde poucas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de se mapear estas áreas e levantar dados sobre o uso, a cobertura atual de suas terras e sua distribuição no espaço. Fazendo com que a mesma apresente carência de informações e estudos sobre os indicadores e as áreas disponíveis para manutenção de reservas legais a partir da identificação da vegetação remanescente.

Nas últimas décadas o Brasil se figurou com frequência no topo dentre os países que mais apresentaram perda de vegetação nativa por conta do desmatamento (FAO, 2010). Esse processo ocorreu principalmente e de forma mais intensa justamente na porção do território compreendido pela Floresta Amazônica, uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo (CAMPARI, 2005). Representando em torno de 40% das florestas úmidas restantes no planeta, abrigo de vasta vida selvagem, considerada como uma das áreas de maior biodiversidade e maior banco genético do mundo, a Amazônia, já teve devastada aproximadamente 20% de sua cobertura original (IBGE, 2010a) e vem sofrendo com o crescente processo de descaracterização de seus atributos naturais decorrente principalmente do modo de ocupação e uso da terra resultantes da implantação da agricultura e pecuária (BOTELHO & CLEVELÁRIO JÚNIOR, 2016).

O Estado do Pará, com área de 1.247.955,381 km², representa 29,73% da Amazônia brasileira (4.196.943,00 km²) e 14,65% do território nacional (8.515.767,049 km²). O município de Tomé-Açu, objeto deste estudo, fica localizado na mais antiga fronteira de colonização do Estado, especificamente a mesorregião Nordeste Paraense. Atualmente, grande parte da vegetação nativa dessa área se encontra devastada ou fortemente alterada. A antropização se

acelerou a partir do desmatamento para a construção da rodovia Belém-Brasília. No mesmo período, o extrativismo madeireiro, a extração mineral, a agropecuária, a falta de apoio para a agricultura familiar, a utilização indiscriminada do fogo no preparo das áreas e a caça predatória foram fatores determinantes para as alterações da paisagem natural (CORDEIRO, 2017).

Na tentativa de se proteger essas áreas e os recursos naturais ali presentes, desde o período colonial brasileiro vários dispositivos e conjuntos de leis vêm sendo criados, e desde então alterados frequentemente. A busca por modelos mais eficientes de preservação ambiental fez com que em 1934 fosse aprovado o Código Florestal Brasileiro (Decreto nº 23.793/34), onde pela primeira vez a proteção ambiental surgia como um princípio fundamental tanto para a União quanto para os Estados (MEDEIROS, 2006a). Subsequentemente, em 1964, o Novo Código Florestal foi alterado e aprovado (Lei nº 4.771/65), criando quatro novos tipos de áreas protegidas: Parque Nacional, Floresta Nacional, Áreas de Preservação Permanente - APP e a Reserva Legal - RL (MEDEIROS, 2006b). A partir deste cenário, o debate acerca da proporção e localização das áreas florestais a serem demarcadas como reservas legais, principalmente na Amazônia Legal Brasileira se intensificou. Onde os vários grupos sociais tentavam exercer pressão e impor seus interesses a cada mudança na legislação (FIDALGO, 2003).

Atualmente em vigor, o Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:...

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;

Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:

I - Localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais; ...

Conforme observado no texto do Novo Código Florestal, a área de reserva legal é definida como um percentual dentro de cada propriedade ou posse rural que deve ser identificada e delimitada de acordo com a lei.

Nesse contexto, as geotecnologias surgem e se apresentam como indispensáveis à identificação e caracterização das áreas disponíveis para manutenção de reservas legais. Principalmente através do estudo das relações sociedade-natureza, analisando as transformações que acontecem no espaço como decorrentes dessas inter-relações, auxiliando na criação e desenvolvimento de metodologias e instrumentos que facilitem a promoção de um desenvolvimento que se aproxime ao máximo do conceito de sustentabilidade (SOUZA, 2005). Tomando a caracterização dos processos de dinâmica do meio ambiente e uso e ocupação do território como fundamentais ao planejamento, gestão e estruturação das diversas atividades relacionadas à exploração dos recursos naturais (MAFRA, 2005a).

Diante disso, o desenvolvimento de estudos que busquem compreender e identificar a situação atual de conservação das florestas brasileiras são cada vez mais necessários. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é quantificar as áreas disponíveis à manutenção de reservas legais no município de Tomé-Açu e verificar se estas atingem o percentual estabelecido na lei para a região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Quantificar as áreas disponíveis para reservas legais no município de Tomé-Açu (PA).

2.2 Objetivos específicos

- Delimitar as áreas originais de ocorrência de formações florestais;
- Identificar as áreas sobre as quais recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal;
- Identificar os remanescentes vegetais disponíveis para delimitação de reservas legais e as áreas que foram alteradas;
- Mapear o uso e a cobertura atual do solo;
- Determinar os remanescentes de florestas disponíveis para manutenção de reserva legal.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta um conjunto de conceitos e leituras que deram suporte à coleta e análise dos dados apresentados no presente trabalho. Além de discorrer sobre a legislação ambiental que rege o estabelecimento das reservas legais, a importância da análise da paisagem a partir de estudos sobre o uso e cobertura do solo e as ferramentas cartográficas aplicadas à gestão e ao desenvolvimento territorial.

3.1 Geotecnologias aplicadas à estudos ambientais

O consumo crescente por recursos naturais frente ao crescimento das cidades, impactos ambientais gerados pela implantação de projetos industriais, agropecuários e de geração de energia têm promovido mudanças significativas nos agentes constituintes da natureza. Neste cenário, as geotecnologias se apresentam como ferramentas de extrema importância para a definição espaço-temporal dessas transformações, além de possibilitar o acompanhamento contínuo dos processos morfogenéticos, auxiliando ações preventivas em áreas de risco e o controle efetivo dos indicadores de dinâmica da paisagem (MAFRA, 2005).

As geotecnologias podem ser consideradas um conjunto de sistemas que reúnem ferramentas de coleta, processamento, análise e distribuição de informações geográficas. Associando uma série de tecnologias em hardware, software e peopleware. Sendo recurso imprescindível à tomada de decisões (ROSA, 2005).

O contínuo crescimento das pesquisas voltadas à temática ambiental, principalmente no que se refere ao monitoramento e delineamento de usos sustentáveis de recursos naturais, tem sido amparado e facilitado graças ao desenvolvimento dessas tecnologias, que possibilitaram aprimorar o levantamento, mapeamento e análise de dados sobre o meio ambiente. O surgimento da cartografia digital é um exemplo onde essas inovações tecnológicas tornaram mais eficaz o que era feito anteriormente de forma manual, facilitando a manipulação e precisão dos dados por parte dos usuários (CABRAL, 2014). O geoprocessamento, surge integrando recursos da cartografia digital às tecnologias como o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas - SIG's (SILVA, 2009).

Para Xavier-da-Silva (2001), o geoprocessamento de dados conceitua-se como a junção entre técnicas matemáticas e ferramentas computacionais que, operando a partir de bases de dados, são capazes de integrar operações sobre variáveis que possuam representação espacial,

transformando-as em informações. Ou seja, convertendo dados brutos em fontes de informação de acordo com a finalidade que se deseja explorar. Segundo o INPE (2000), geoprocessamento é um agregado de tecnologias que possuem a finalidade de reunir e analisar dados espaciais com uma determinada finalidade. Voltadas ao tratamento de dados georreferenciados com o intuito de gerar mapas, arquivos digitais e recursos que possam armazenar, gerenciar e manipular dados.

A partir desse ponto de vista, o geoprocessamento pode ser entendido como uma ferramenta que apresenta grande sucesso no suporte à elaboração de planos que objetivem desenvolver e regular o gerenciamento de diagnósticos ambientais, bem como a pesquisa científica, afim de que se aprimore o conhecimento sobre as mais diversas e complexas realidades existentes no meio físico (ALBUQUERQUE, 2012). Esta aplicação torna viável uma gama de procedimentos voltados ao mapeamento ambiental. Dentre eles, a sobreposição de informações em escala espaço-temporal proporcionando um melhor panorama para a interpretação de modificações e ocorrências em uma determinada área de estudo (GOMES, 2010).

Assim, ao longo do tempo o geoprocessamento tem se mostrado como uma ferramenta ímpar e de grande importância principalmente devido à sua capacidade de obter e gerar dados espaciais com um nível de detalhamento dificilmente antes alcançados e de grande relevância ao desenvolvimento de estudos nas mais diversas áreas do conhecimento. Na área ambiental, a identificação de áreas de interesse para a conservação, delimitação e identificação de espécies, além do monitoramento da cobertura vegetal e uso do solo, áreas de erosão, contaminação da água e do ar são exemplos de usos que tornaram essa tecnologia, não só um instrumento importante mas também um dos mais utilizados como suporte ao levantamento de informações e a tomada de decisões.

Uma das principais formas de coleta de dados para o geoprocessamento é através do sensoriamento remoto, uma ciência que torna possível, a partir da coleta e análise de dados provenientes da radiação emitida ou refletida pela superfície terrestre, a aquisição de imagens e informações que tratadas servem aos mais diversos propósitos e aplicações, incluindo a pesquisa ambiental (FLORENZANO, 2007).

O sensoriamento remoto é a tecnologia que torna possível, através do emprego de sensores, a obtenção de informações de alvos que se encontram distantes, sem a necessidade de contato físico entre estes. Os sensores são dispositivos habilitados a registrar a interação proveniente entre a radiação eletromagnética e um determinado objeto, gerando um sinal contendo dados

que possam ser extraídos e convertidos em fontes de informação (NOVO, 2008). Por intermédio de dispositivos lineares e/ou matriciais como câmeras, escâneres e lasers acoplados em aeronaves, satélite ou outros equipamentos, o sensoriamento remoto reúne dados de regiões do espectro eletromagnético como: micro-ondas, ultravioleta visível e infravermelho; a partir dos quais disponibiliza informações adquiridas que podem ser averiguadas de maneira visual ou com o auxílio do processamento digital de imagem (JENSEN, 2011).

Justamente por não haver a necessidade de contato físico entre o sensor e o objeto de interesse o surgimento do sensoriamento remoto expressa um grande salto na área de monitoramento da superfície terrestre. Facilitando, através da utilização dos mais diversos tipos de sensores, a aquisição, análise e difusão de dados que anteriormente, devido aos altos custos na obtenção, eram restritos a órgãos governamentais e empresas privadas, mas que atualmente encontram-se disponíveis nas mais diversas plataformas e com acesso gratuito ao público.

Esses materiais produzidos pelo sensoriamento remoto podem atingir elevados níveis de individualização, compreendendo diversas variáveis como formações vegetais, declividades, relevo, dentre outras. No entanto, para que se possa conhecer as propriedades reais, extraídas a partir da radiação refletida ou emitida pelos objetos é necessária a utilização de métodos de processamento visual ou digital de imagens (BARIANI, 2012).

Desse modo, como forma de buscar o aperfeiçoamento dos dados provenientes dos sensores remotos, o Processamento Digital de Imagens – PDI apresenta-se como importante ferramenta no auxílio ao geoprocessamento, já que o mesmo possibilita refinar atributos e propriedades visuais de determinadas formações estruturais para o operador. Melhorando assim, o processo de análise das informações e desenvolvimento de novos produtos (MEDEIROS, 2004).

Assim sendo, é evidente na atualidade a relevância do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na concepção de planejamentos, mapeamentos e zoneamentos que busquem a apreciação de diversas variáveis e produtos que integrem e cruzem dados diversificados em um mapa. Nesse sentido nota-se também o crescente desenvolvimento e utilização de SIG's no suporte à elaboração de trabalhos relacionados às questões ambientais (FLOREZANO, 2008).

Quando os primeiros SIG's começaram a ser desenvolvidos os custos de produção ainda assim eram bastante elevados e cada operador tinha que produzir seu próprio programa. Em meados dos anos 1980, em decorrência da evolução da microinformática, desenvolvimento de inovações em *hardware* e *software*, criação de centros de estudos especializados em

geoprocessamento houve um significativo crescimento no uso das geotecnologias, tornando cada vez mais comum o acesso a dispositivos e programas voltados ao mapeamento e pesquisa de dados espaciais (SILVA, 2009).

O SIG é uma ferramenta sobretudo destinada a dispositivos que operam na análise e recuperação computacional de dados geográficos. Com base em informações alfanuméricas, localização espacial dos dados, ou seja, geometria e atributos georreferenciados e com projeção cartográfica definida, esse tipo de sistema correlaciona e disponibiliza ao operador uma série de conhecimentos sobre determinado objeto baseado em sua localização na superfície terrestre (INPE, 2002). São instrumentos voltados à obtenção, armazenamento, tratamento e consulta de dados com registro geográfico definido (ROSA & BRITO, 1996).

Através da recuperação e análise de dados, os sistemas de informações geográficas fornecem subsídios a resolução, pesquisa, planejamento e gerenciamento de problemas complexos (FONTES & SOUZA, 1997). De acordo com Queiroz (1996), os SIG's, como ferramentas de investigação espaço-temporal, podem ser empregados como suporte às mais diversas situações, seja modelando, simulando ou auxiliando na tomada de decisões voltadas à elaboração de políticas públicas, mapeamentos do uso e ocupação do solo, planejamentos urbanos, monitoramentos, dentre outras competências. Fornecendo assim, importantes contribuições no auxílio às tarefas de pesquisa e execução de projetos voltados ao meio ambiente (LANG & BLASCHKE, 2009).

Dessa maneira, os conceitos geotecnológicos abordados, quando expostos sob a perspectiva de suas inter-relações, evidenciam um entendimento unitário e apresentam bases de informações imprescindíveis ao mapeamento ambiental, dado que a análise holística do todo é premissa fundamental na análise dos sistemas ambientais (ALBUQUERQUE, 2012).

Isto é, todas as tecnologias desenvolvidas e que compõem a grande ciência da Geoinformação se mostram complementares, onde o conjunto desses recursos permite o desenvolvimento quase que de uma infinidade de pesquisas e análises nos mais diversos campos de estudo. As análises das condições do uso e ocupação do solo presentes neste trabalho, por exemplo, só foram facilitadas graças a essa inovação tecnológica.

3.2 Análises do uso e cobertura do solo

A expansão da agropecuária e extração de minérios têm sido um dos principais motivos responsáveis pela alteração antrópica de paisagens no Brasil, causando diminuição e

fragmentação das áreas de floresta (BARRACLOUGH; GHIMIRE, 2013). Essa expansão sobre as paisagens naturais ameaça a manutenção do fornecimento de bens e serviços ambientais (FOLEY et al., 2005).

No Nordeste Paraense, uma das primeiras áreas de colonização agrícola da Amazônia, esse processo teve seu início em meados de 1875 (EGLER, 1961; PENTEADO, 1967). Historicamente, o crescimento populacional da região foi provocado pela construção da Estrada de Ferro Belém-Bragança (1883-1908) e pelo boom da borracha (1879-1912). Como resultado desse crescimento demográfico teve-se o desenvolvimento das cidades, da rede rodoviária e a diversificação da produção agrícola, que levou à intensa antropização da região. As áreas de vegetação primária, que há um século, recobriam quase toda a região, foram praticamente todas devastadas, correspondendo a menos de 5% da superfície total das propriedades agrícolas familiares (BILLOT, 1995).

Essa área é considerada uma vasta mesorregião biogeográfica, denotando especificidades socioculturais e ecológicas únicas. Além da colonização, essas características particulares se deram também pelos diferenciados processos e relações dos imigrantes com o meio ambiente. Tais condições históricas e geográficas tiveram influência direta nos sistemas de manejo da terra, refletindo nos valores culturais, sociais, econômicos, políticos, e ambientais das populações locais. Todas essas intervenções relacionadas à agricultura, extrativismo, produção mecanizada e os grandes projetos de extração minero-metalúrgicos e agropastoris ocasionaram, em larga escala, na expulsão de diversas comunidades tradicionais de seus locais de origem. A dinâmica de ocupação e modificação é evidente, haja visto que atualmente apenas cerca de 35% das florestas primárias originais ainda existem na região. Como resultado do intenso desmatamento, é comum encontrar hoje as paisagens com erosões, rios e igarapés assoreados, fauna e flora em extinção, além de modificações no clima (CORDEIRO, 2017).

Para isso, é necessário compreender que a análise desses diferentes processos dinâmicos de modificações exigem também um olhar ao passado, no intuito de se reconstruir a história do ambiente como um complexo único e interligado pelas suas características intrínsecas, que apresenta diferenças e particularidades em seus atributos naturais, como a cobertura do solo e nas condições antrópicas aos quais foram expostos, aqui abordados como os diferentes usos da terra. O conflito pelos múltiplos usos dos bens ecossistêmicos presentes nestas áreas promove a criação de cursos históricos distintos nas paisagens naturais, sempre alternando a predominância de determinadas atividades em detrimento de outras. Essa complexidade histórica dos ecossistemas em conjunto com as suas diversidades espaciais, quando analisadas

de forma integrada, geram uma multiplicidade de dados e perspectivas que são fundamentais a compreensão da dinâmica da paisagem.

No município de Tomé-Açu, essas formas de uso e ocupação do solo tiveram influência direta das políticas de integração do governo federal com a comunidade nipônica que se instalou na região. Diferentemente do restante da mesorregião do Nordeste Paraense, nessa área, tanto a agricultura familiar quanto a comercial, foram alicerçadas com ênfase nos Sistemas Agroflorestais - SAFs. A organização social dos imigrantes japoneses, na forma de cooperativas e associações, tornou possível um maior acesso às linhas de crédito e financiamentos do governo, no entanto, ainda assim, a degradação dos recursos florestais continuou sendo uma realidade presente no cotidiano do município (PEZZUTI, 2009).

Essas mudanças na paisagem provocadas pela ação antrópica têm sido estudadas de forma mais ampla principalmente graças ao desenvolvimento e utilização de tecnologias de sensoriamento remoto e SIG. Isso é possível devido ao sensoriamento remoto proporcionar uma visão mais sintetizada da paisagem, gerando informações que são processadas e posteriormente transformadas em dados que possuem uma gama de aplicações em diversos estudos como, por exemplo, na análise da interação entre as ações de degradação promovidas pelo homem e seus impactos sobre o meio ambiente (JENSEN, 2009; CREPANI *et al.*, 2001). Dessa forma, os estudos e mapeamentos sobre os usos da terra e a cobertura vegetal são de grande importância para que se conheça a forma e a dinâmica de como a paisagem está sendo ocupada e as consequências que isso traz para a sociedade e para a natureza de uma determinada região (SILVA, 2009).

A precisão na identificação das mudanças de uso e cobertura do solo podem viabilizar um melhor entendimento das interrelações entre os fenômenos naturais e humanos, bem como, colaborar ao desenvolvimento e composição de estudos e modelos ambientais (BAKR *et al.*, 2010). A utilização desses modelos de mudança do uso e cobertura do solo se tornou uma importante ferramenta no auxílio ao planejamento e tomada de decisões, promovendo uma abordagem muito mais lúcida do complexo conjunto de forças socioeconômicas e biofísicas que têm influência no padrão espacial das áreas onde a paisagem foi e/ou está sendo alterada, além do monitoramento dos impactos gerados por essas alterações, onde é possível ainda se estimar impactos futuros modelados para diferentes tipos de cenários (VERBURG *et al.*, 2004).

Para que se possa extrair da melhor forma as informações coletadas a partir de dados de imagens orbitais é necessária a aplicação de uma série de técnicas de PDI, envolvendo três

procedimentos principais: pré-processamento, realce de imagem e classificação de imagem (FLORENZANO, 2011; NOVO, 2010; JENSEN, 2009 e MOREIRA, 2007). A classificação é a etapa que consiste na identificação propriamente dita dos alvos, ou seja, é a fase onde os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal serão rotulados e separados em classes temáticas definidas (MOREIRA, 2007). A classificação de imagens de sensores orbitais é feita de maneira digital em softwares específicos com algoritmos desenvolvidos para o processamento de imagens.

De forma geral, o procedimento de classificação de imagens pode ser realizado por interpretação visual ou por classificação digital. No método de interpretação visual, o operador denominado fotointérprete extrai as feições de seu interesse das imagens, geralmente a partir de uma composição colorida RGB. Já na metodologia de classificação digital a análise se dá por meio do reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos, constituídos por um conjunto de pixels, ao qual é aplicado o mapeamento das regiões que pertencem a mesma classe de objetos. A classificação digital destes alvos pode ser realizada pixel a pixel ou a partir de regiões/objetos e os algoritmos empregados são chamados de “classificadores” (JENSEN, 2005).

Os procedimentos de classificação pixel a pixel se baseiam principalmente nos dados estatísticos (média, variância etc.) dos pixels de treinamento, como por exemplo os perfis espectrais, para agrupar os pixels remanescentes nas classes previamente determinadas (JENSEN, 2005). Na classificação por região ou orientada a objetos, do inglês “object-based image analysis” (OBIA), são utilizadas, além da informação espectral dos pixels, a informação do padrão espacial que compreende a relação de pixels circunvizinhos, como forma e textura (PONZONI et al., 2012). Dessa forma, o classificador simula a análise de um fotointérprete delimitando áreas homogêneas nas imagens, porém, com base nas características espectrais e espaciais dos objetos pertencentes as classes de interesse (PONZONI et al., 2012).

É importante salientar que a expansão agrícola e a pecuária intensiva sem o planejamento necessário afetam fortemente a qualidade e a disponibilidade dos recursos naturais, ocasionando diversos passivos ambientais, como a perda e infertilidade de solos, contaminação de aquíferos, aceleração de processos erosivos e degradação de áreas de vegetação natural (MENDOZA et al., 2011; VANZELA et al. 2010). O desenvolvimento de políticas públicas voltadas a uma gestão mais sustentável apresenta-se como alternativa ao uso descontrolado desses recursos. Uma importante e necessária ferramenta ao subsídio dessas políticas é o mapeamento do uso e cobertura do solo, afim de que se possa detectar de forma mais eficaz as

transformações na paisagem. Este tipo de mapeamento torna possível a obtenção de dados necessários à construção de cenários do meio natural que irão servir de modelo para um desenvolvimento conservacionista e para a tomada de decisões com vistas a um manejo mais sustentável de seja qual for a região (ASSIS et al., 2014; COELHO et al., 2014; MENDOZA et al., 2011).

As geotecnologias empregadas nestas análises de uso e cobertura do solo têm demonstrado excelentes resultados, principalmente no que se refere a redução dos custos e do tempo gastos em relação a técnicas tradicionais, apresentando-se como alternativa rápida, de baixo custo e viável de ser empregada tanto em áreas urbanas quanto no meio rural, mantendo a qualidade de seus produtos sem a exigência da necessidade de alto grau de especialização técnica. Em razão disso, torna-se cada vez mais evidente a necessidade da utilização e difusão desse tipo de conhecimento, não só para o levantamento de informações, mas também como instrumento cotidiano de grande relevância na conservação da biodiversidade e no suporte à tomada de decisões para a elaboração de políticas públicas e diretrizes voltadas à área ambiental.

3.3 Reservas legais

O Art. 225 da Constituição Federal assegura a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para às presentes e futuras gerações. A preservação do meio ambiente presume buscar a sustentabilidade do meio físico-biótico-social, fazendo com que a exploração dos recursos naturais seja feita de tal maneira que se garanta a qualidade de vida e oportunidade das gerações futuras usufruírem do que existe no meio ambiente no momento atual (SCHIRMER & ROBAINA, 2012).

Nesse contexto onde se torna cada vez mais necessária a mudança da relação adotada até aqui entre as sociedades humanas e o meio ambiente, o desafio de se conciliar desenvolvimento e preservação ambiental é uma exigência cada vez mais clara e imediata. Nesse sentido, as áreas protegidas surgem desenvolvendo um papel imprescindível, pois além de promover a manutenção e o equilíbrio dos ecossistemas naturais, em alguns casos, a partir da implementação de técnicas e práticas de manejo sustentáveis essas áreas passam a adquirir também grande potencial de geração de renda.

No Brasil, a preservação de áreas características dos ecossistemas naturais de determinada localidade tem origem na concepção do Código Florestal Brasileiro de 1934. Este código estabelecia a utilização de uma propriedade a partir do tipo de floresta existente na mesma, trazendo algumas características preservacionistas. Já em 1965, com a instauração de um novo código, o conceito de florestas de preservação permanente foi criado, instituindo limitações à propriedade privada (BORGES *et al.*, 2011).

No decorrer da história, a estratégia do governo brasileiro para tentar assegurar o uso sustentável dos recursos naturais em propriedades rurais foi principalmente fundamentada no estabelecimento de medidas de comando e controle definidas pelo Código Florestal, mais especificamente sob os moldes de Áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação e Reservas Legais (AZEVEDO, 2008).

Essas áreas, foram consideradas como espaços territoriais especialmente protegidos, segundo o artigo 225, parágrafo 1º, inciso III, da Constituição Federal. Isso significa que são locais designados sob regime especial de administração, a fim de que sejam protegidas as características ambientais justificadoras do seu reconhecimento e individualização pelo Poder Público (COELHO JUNIOR, 2010).

O Código Florestal Brasileiro em vigor é composto pelas Leis 12.651/2012 (BRASIL, 2012) e 12.727/2012 (BRASIL, 2012b), trazendo diversos princípios relacionados à proteção da flora nativa, o Código determina a manutenção, em todo imóvel rural, de determinada área mínima com cobertura de vegetação natural, a título de reserva legal. Em seu artigo 3º, inciso III, o mesmo define reserva legal como: “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa” (Brasil, 2012). Logo, a área de reserva legal é exigida em todo imóvel rural e nela não é admitido corte raso de vegetação. Em seu artigo 12 o Código estipula os percentuais mínimos de vegetação nativa a ser mantida em função da localização. Para imóveis localizados em área de floresta na Amazônia Legal devem ser conservados no mínimo 80% em relação a área total do imóvel, já as propriedades localizadas nas demais regiões do País o percentual é de 20% (Brasil, 2012).

A implementação da reserva legal deve buscar conciliar a maximização do potencial agrícola da propriedade à conservação da natureza, tornando-se um instrumento fundamental

para o uso sustentável dos recursos naturais (DELALIBERA et al., 2008; AVANCI, 2009; MELO NETO, 2013). Porém, para que isso aconteça algumas características devem ser respeitadas. A ligação, por exemplo, sempre que possível das áreas de reserva legal com outros espaços protegidos é de essencial importância para que suas funções ecológicas sejam potencializadas e mantidas, principalmente através da manutenção de corredores florestais naturais. Do contrário, caso a reserva legal seja restrita a uma área isolada da propriedade, o fluxo gênico da fauna e da flora poderá ser comprometido, se tornando mínimo ou insignificante (POLIZIO JUNIOR, 2012).

Outra determinação atualizada a partir da instauração do Código Florestal de 2012 é de que as Áreas de Preservação Permanente dos imóveis rurais também passaram a poder ser incluídas no cálculo das áreas destinadas à Reserva Legal, desde que, tenha o proprietário primeiramente efetuado o requerimento de inclusão no Cadastro Ambiental Rural - CAR. Todavia, a inclusão das APPs no cômputo da área de Reserva Legal só é permitida se não resultar na alteração de áreas de vegetação nativa e formações secundárias para outras tipologias de cobertura do solo, como atividades agropecuárias, industriais, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana. Para mais, as áreas a serem computadas devem se encontrar em estágio de recuperação ou conservadas, consoante comprovação do proprietário ao órgão competente integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA (POLIZIO JUNIOR, 2012; MELO NETO, 2013).

A Lei nº 12.651/2012 prevê ainda que nas áreas onde a natureza obrigatória da Reserva Legal é mantida, os arranjos formados pelos aglomerados de espécies nativas e exóticas dos Sistemas Agroflorestais - SAFs são uma alternativa à recomposição e uso dessas áreas (BRASIL, 2012). Ficam determinadas uma série de diretrizes gerais para a recomposição e exploração de áreas de Reserva Legal por método de sistemas agroflorestais e outros. Contudo, não se observa menção ou distinção de quais tipos de SAFs são apropriados para desempenhar as funções ambientais das Reservas Legais. Aponta-se apenas que a área ocupada com espécies exóticas não poderá exceder a 50% da área a ser recomposta, sendo o proprietário ou possuidor rural responsável pela adoção de boas práticas agrônômicas com vistas à conservação do solo e da água. Dessa forma, cabe ao órgão ambiental competente determinar os critérios e padrões aceitáveis para a restauração, exploração e gerenciamento dessas áreas protegidas. Sendo necessário também um maior conhecimento desses sistemas para entender melhor as implicações dessa lacuna da legislação (MARTINS & RANIERI, 2014).

Devido aos SAFs apresentarem uma série de práticas bastante heterogêneas, com a possibilidade de grandes variações na complexidade de seus arranjos e diversidade de espécies, diversos autores discutem a viabilidade desses sistemas no cumprimento das funções ecológicas dessas áreas protegidas. O consenso apontado é de que é necessário o estabelecimento de critérios e limites à implementação dos SAFs na recuperação e exploração das reservas legais, critérios estes respaldados a partir da realização de estudos mais específicos acerca da viabilidade socioeconômica e ambiental desses sistemas a longo prazo.

Segundo estabelecido no artigo 67 da mesma lei, para as propriedades de até quatro módulos fiscais e que possuam remanescente de floresta nativa em percentuais inferiores ao previsto no art. 12, a Reserva Legal será constituída pela área ocupada por vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008. E se caso o imóvel não possuísse área de vegetação nativa nesta mesma data, este ficaria inclusive isento da obrigação do encargo da Reserva Legal (MUKAI, 2013).

No entanto, deve-se observar que este dispositivo é dirigido aos pequenos proprietários de terra, visto que a Reserva Legal se tornou inviável aos mesmos, já que a área excedente não seria suficiente ao plantio ou qualquer outra atividade econômica e os custos de recuperação seriam altamente elevados para este tipo de proprietário. Porém, reforça-se que esta regra não se aplica às médias e grandes propriedades, que desfrutam das condições necessárias ao cumprimento integral da obrigação de reconstituição e recomposição da área de mata nativa (BRAGA, 2013).

Tendo em vista as exigências e determinações da legislação vigente à identificação dos remanescentes florestais disponíveis, a delimitação de reservas legais se mostra como um instrumento necessário para o planejamento de ações com vistas ao monitoramento e à utilização de forma sustentável dos recursos naturais, permitindo a obtenção de uma série de dados referentes ao conhecimento da localização, identificação e quantificação destes recursos. Assim, os dados adquiridos podem ajudar no reconhecimento de áreas com maior sensibilidade em função das intervenções que potencialmente podem ali ocorrer, além de auxiliar na tomada de decisão de medidas que devem ser realizadas, com o intuito a exploração, conservação e/ou recuperação dos recursos naturais (CABRAL, 2014).

Dessa maneira, partindo do pressuposto de que a gestão e o ordenamento territorial devem obedecer as normas e determinações constitucionais apontadas nas políticas públicas, compatibilizando o desenvolvimento social junto à proteção do meio ambiente, ou seja, viabilizando o viés da sustentabilidade do desenvolvimento, percebe-se a importância da

implementação de instrumentos abrangentes, a exemplo das áreas protegidas, que facilitem a identificação e caracterização dos diferentes elementos que compõem a natureza tornando possível a análise, ordenamento e por fim a difusão de informações destes, contribuindo com o desenvolvimento tecnológico e o avanço das discussões e medidas relacionadas às questões ambientais.

3.4 Breve histórico de formação e ocupação do município de Tomé-Açu

A criação do município de Tomé-Açu encontra-se atrelada à cidade vizinha do Acará e à instalação de uma colônia agrícola para abrigar imigrantes japoneses. No ano de 1926, um grupo de japoneses veio ao Pará com o intuito de localizar áreas nas quais fosse possível a instalação dessas colônias com objetivo de fomentar a economia local e o desenvolvimento de culturas agrícolas, através de práticas modernas de cultivo. Uma das áreas escolhidas contemplou os territórios de Tomé-Açu, Santarém e a região do Baixo Amazonas (LOUREIRO, 1992).

Dessa forma, a partir da década de 1930, se dá início a ocupação mais intensa da área com a chegada dos imigrantes japoneses. Em um curto espaço de tempo, com o apoio do governo brasileiro, amparados por capital, assim como pela tradição na agricultura, esses agricultores alcançaram destaque nas práticas agrícolas que se fundamentavam no cultivo de culturas de valor comercial, conseguindo assim desenvolver a cultura da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), tornando, na época, o Estado do Pará um dos maiores produtores desta especiaria no país (PINHEIRO et al., 1999; IDESP, 2012).

Em 1953, é fundada a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu - CAMTA, oferecendo apoio fundamental ao desenvolvimento da colônia agrícola e tornando-se a primeira produtora e exportadora de pimenta do reino no país, contribuindo com o desenvolvimento municipal a partir dos recursos advindos da comercialização da pimenta (FRAZÃO et al. 2005).

Em razão disso, a colônia de Tomé-Açu aos poucos vai se tornando um aglomerado urbano importante do Município de Acará, sendo, em março de 1955, através da Lei Estadual nº 1.127, designada município, porém, em outubro do mesmo ano, o Supremo Tribunal Federal, decreta sua extinção anexando-a novamente ao município do Acará. Somente em 1959, através da Lei Estadual nº 1.725, promulgada pelo governo do Estado do Pará, o distrito de Tomé-Açu é finalmente desmembrado e elevado à categoria de município (RODRIGUES et al., 2001; IBGE, 2019).

A partir de 1957, com a disseminação do *Fusarium* nos pimentais, decorrente principalmente de questões fitossanitárias e da expansão desordenada dos plantios, as áreas cultivadas passaram a ser devastadas, o que juntamente com a queda de preços da piperácea no mercado internacional marca o início do declínio do ciclo da pimenta na década de 1970 (BOLFE *et al.*, 2009; FRAZÃO *et al.*, 2005). A partir desse cenário, a busca dos agricultores por novas alternativas de produção para diversificar os seus cultivos fez com que sistemas consorciados, em rotação e sequencial, com cultivos perenes e anuais, denominados de SAFs, fossem implantados visando aproveitar áreas antes, durante e depois do plantio da pimenta-do-reino (HOMMA, 2003; HOMMA, 2004). Desde então, os SAFs ganharam espaço e foram considerados como uma solução para promover o desenvolvimento rural da região (FLOHRSCHUTZ *et al.*, 1983; HOMMA *et al.*, 1995; YAMADA, 1999).

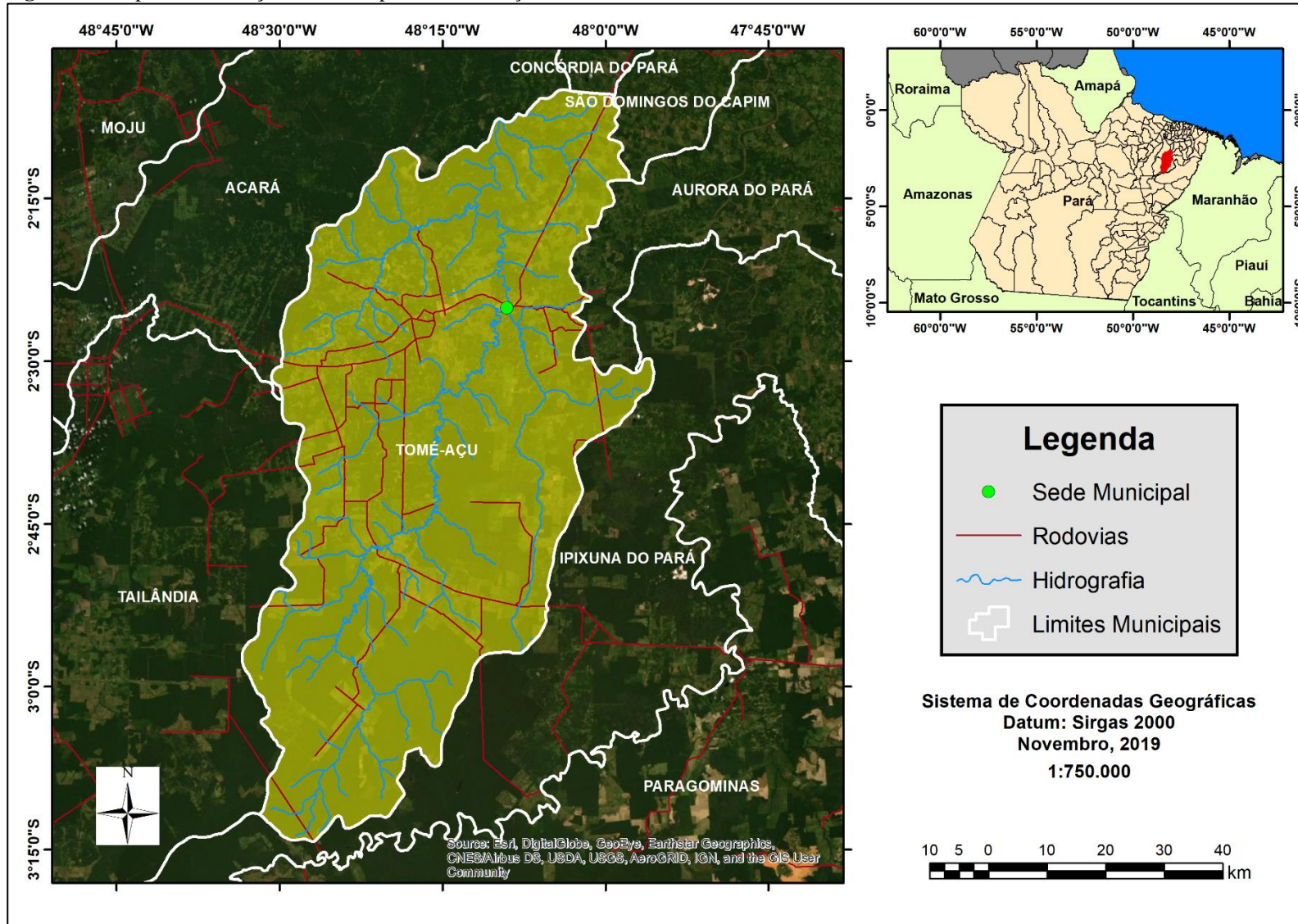
Assim, por volta de 1980, ocorre a construção da fábrica de processamento de polpa de frutas da CAMTA, em decorrência dos investimentos em plantios de espécies frutíferas (FRAZÃO *et al.* 2005). Já no ano de 1998, além da economia baseada na agricultura tradicional e comercial, Tomé-Açu figura-se também como o segundo maior polo madeireiro do Pará, com 52 madeireiras (sendo 48 serrarias, 03 laminadoras e 01 fabrica de compensados) e consumo anual de 0,75 milhões de metros cúbicos de madeira em tora (VERÍSSIMO *et al.*, 2002). Em 2010, coube ao município o maior volume de produção madeireira na região nordeste do Estado, com mais de 280.000 m³ de madeira explorada (PASTANA *et al.*, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde ao município de Tomé-Açu, que se localiza na parte central da mesorregião do nordeste paraense, na microrregião de Tomé-Açu. A área municipal encontra-se estabelecida aproximadamente entre as coordenadas geográficas de 02° 54' 45" e 03° 16' 36" de latitude sul e de 47° 55' 38" e 48° 26' 44" de longitude a oeste de Greenwich, com sua sede situada à margem esquerda do rio Acará-Mirim, e distante, aproximadamente, 200 km da cidade de Belém, capital do Estado. (RODRIGUES *et al.*, 2001). Criado em 17 de março de 1959, o município é considerado um dos polos de desenvolvimento da agricultura comercial mais importantes do Estado do Pará, que utiliza modernos sistemas de cultivo (PACHECO & BASTOS, 2001). Possui uma população estimada de 63.447 habitantes, com uma densidade demográfica de 10,98 hab/km² em uma área geográfica de 5.145,361 km² (IBGE, 2019). Encontra-se limitado ao norte pelos municípios de Concórdia do Pará e São Domingos do Capim, ao leste pelos municípios de Aurora do Pará e Ipixuna do Pará, e a oeste pelos municípios de Tailândia e Acará (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização do município de Tomé-Açu.



Fonte: DNIT (2015); IBGE (2017); Autor.

4.2 Procedimentos metodológicos

A metodologia utilizada como base neste trabalho foi adaptada de Crepani et al. (2001) e Fidalgo et al., (2003), que por sua vez tiveram como base os trabalhos desenvolvidos pelo projeto de mapeamento digital das áreas desflorestadas da Amazônia Legal - PRODES DIGITAL (DUARTE et al., 1999). O processo metodológico contou, além dos levantamentos iniciais, com duas etapas: na primeira objetivou-se delimitar as áreas originais de ocorrência de formações florestais e posteriormente a identificação das áreas sobre as quais recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal; já na segunda buscou-se identificar os remanescentes de vegetação disponíveis para delimitação de reservas legais e as áreas antropizadas, a partir do mapeamento do uso e cobertura do solo.

Para este trabalho, foram também tomadas as coordenadas geográficas de 36 pontos de controle dentro da área de estudo. As coletas foram feitas com o auxílio de um receptor GPS Garmin Gpsmap 64s, procurando abranger as diferentes paisagens locais, onde foram verificados dados referentes a formação vegetal e ao uso e cobertura da terra com o objetivo de dar suporte à validação da classificação das imagens.

4.2.1 Levantamentos iniciais

O levantamento inicial dos dados teve como objetivo reunir conhecimentos teórico-conceituais sobre o tema e sobre a área de estudo afim de melhor subsidiar o planejamento e execução do trabalho. Para isso, foi feito primeiramente o levantamento bibliográfico com a consulta de artigos científicos, livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado que abordam as características fisiográficas e ambientais da área de estudo. Os dados socioeconômicos e históricos de ocupação foram levantados junto a órgãos oficiais como o INCRA, IBGE e SEMAS-PA.

Da mesma forma, foi feito o levantamento de material cartográfico com o objetivo de agregar uma base de dados geográficos ao trabalho, como a delimitação da área do município, informações sobre a hidrografia, malha viária, vegetação, dentre outros e se deu por meio da consulta às bases digitais de órgãos como a EMBRAPA, DNIT, IBGE, INPE, SNUC e CPRM.

4.2.2 Delimitação das áreas originais de ocorrência de formações florestais e identificação das áreas disponíveis para manutenção de reserva legal

Neste trabalho, os limites originais de ocorrência de floresta foram traçados com base nos dados do Mapa de Vegetação da Amazônia (PROJETO SIVAM, 2002), produzido a partir de informações provenientes das cartas-imagens de radar produzidas pelo Projeto RADAMBRASIL (1974), porém, com algumas atualizações feitas pelo Projeto SIVAM. O método de classificação da vegetação do Projeto RADAMBRASIL se baseia na chave aberta de Veloso *et al.* (1991). A fitofisionomia florestal encontrada e que ocorre originalmente na região foi a Floresta Ombrófila Densa.

Devido à ausência dados disponíveis referentes aos limites de todas as propriedades e posses rurais da área de estudo, realizou-se uma estimativa das áreas rurais do município onde recai a obrigatoriedade da manutenção da reserva legal. Para isto, foram excluídos da área de estudo: as áreas das unidades de conservação e terras indígenas, para as quais não é prevista a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal; áreas urbanas identificadas no mapa de Uso e Cobertura do Solo; os espelhos d'água (rios, lagos e represas) delimitados no mapa de Uso e Cobertura do Solo; e as áreas encobertas por nuvens e sombras de nuvens.

4.2.3 Identificação dos remanescentes vegetais e das áreas alteradas

A identificação dos remanescentes vegetais foi realizada por meio da interpretação de uma imagem orbital dos sensores OLI/TIRS do Satélite Landsat-8, bandas 6 (1,57 – 1,65 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm) e 4 (0,64 – 0,67 μm) de composição colorida, com 30 metros de resolução espacial, Órbita-Ponto 223/62, de julho de 2017 com 1,39% de cobertura por nuvens. A imagem foi obtida junto ao site do USGS (USGS Earth Explorer - <https://earthexplorer.usgs.gov>).

A cena já é disponibilizada corrigida geometricamente (ortorretificada) e georreferenciada. Dessa forma, para o tratamento inicial da imagem, primeiramente foi efetuado o processo de Rescale (Conversão Radiométrica) afim de converter o *range* de 16 bits das bandas para 08 bits, facilitando a distribuição em outros softwares e reduzindo o tamanho do arquivo pela metade. Em seguida foi feita a composição colorida RGB através da ferramenta *Composite Bands*, utilizando a combinação das bandas 6, 5 e 4 visto os resultados que se desejava alcançar. O terceiro processo foi o Pan-Sharpening, onde através da ferramenta *Create Pan-Sharpened Raster Dataset* foi feita a fusão da banda 8 (pancromática) que possui resolução espacial de 15

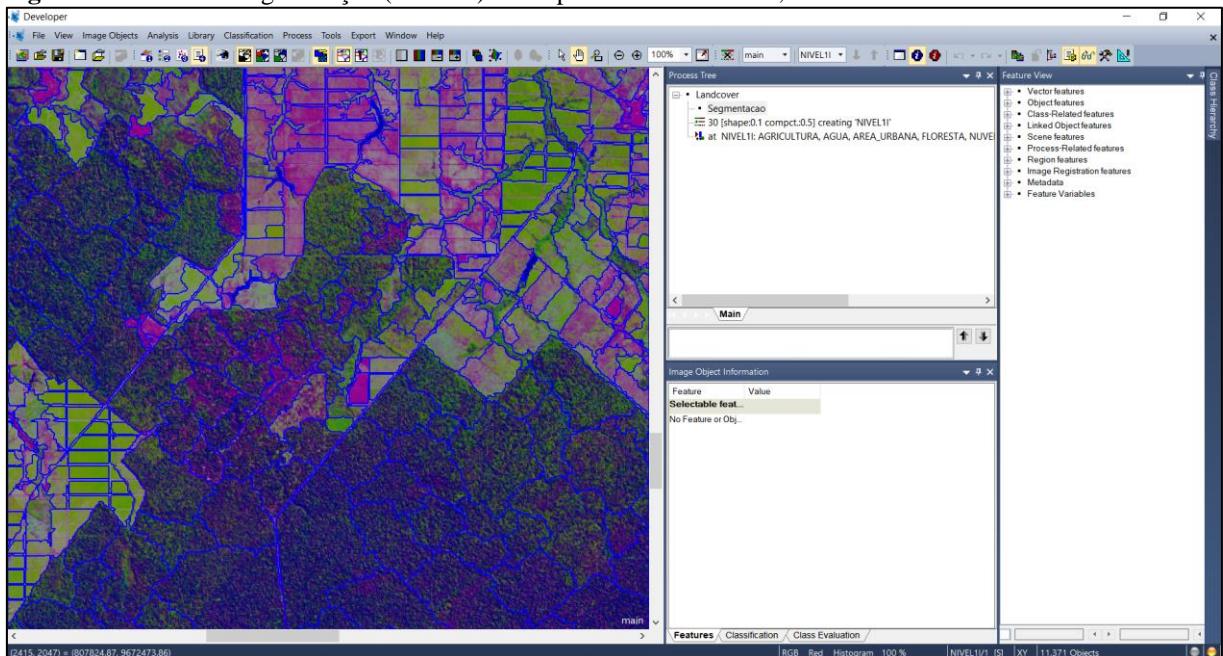
metros, com as bandas multiespectrais (coloridas) de 30 metros, gerando uma cena final com resolução espacial de 15 metros.

Isso feito, foram utilizadas as ferramentas *Extract by Mask* e *Project Raster* para respectivamente recortar e ajustar a projeção de forma a criar uma única imagem apenas com a área de estudo. A imagem gerada está no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum Horizontal SIRGAS 2000.

Após os tratamentos iniciais, iniciaram-se aos procedimentos para geração do mapa de uso e ocupação do solo, estes se deram em dois passos:

Primeiramente, com a utilização do software eCognition Developer 9.0, foi efetuado o processo de segmentação da cena utilizada com o objetivo de fragmentar a área de estudo, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como por exemplo o nível de cinza dos pixels, textura e contraste (Woodcock et al. 1994). Para isto, utilizou-se o algoritmo de segmentação *multiresolution segmentation*. Na figura 2, observa-se um exemplo das linhas de segmentação, geradas no ambiente virtual do eCognition, sobre um recorte da cena utilizada.

Figura 2 – Linhas de segmentação (cor azul) sobre parte da cena 223/62, dos sensores OLI/TIRS.



Fonte: USGS (2017); Autor.

Em seguida, com o auxílio do software ArcGIS 10.1, a imagem foi classificada. Para isto, optou-se por utilizar o método de classificação supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MaxVer) que calcula a probabilidade estatística de um pixel

pertencer a determinada classe de uso do solo através da avaliação da variância e covariância das respostas espectrais dos pixels classificados, distribuindo um padrão de resposta as categorias espectrais por meio da descrição do valor da média e pela matriz de covariância (LILLESAND & KIEFER, 1994). Por meio da barra de ferramentas *Image Classification* foram coletadas na imagem 30 amostras de treinamento para cada tipo de uso que em seguida foram submetidas à aplicação do algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, gerando então o mapa de uso e cobertura do solo. As 7 classes mapeadas e editadas, foram:

- *Floresta*: áreas cobertas por vegetação de porte florestal (Floresta Ombrófila Densa).
- *Vegetação Secundária/SAFs*: áreas interpretadas na imagem como vegetação em estágio médio ou avançado de regeneração e também áreas utilizadas para implantação de Sistemas Agroflorestais.
- *Agricultura*: áreas de ocorrência de atividades agrícolas tradicionais e/ou comerciais.
- *Pasto/Solo Exposto*: áreas onde houve corte raso da vegetação natural e, geralmente, o desenvolvimento de atividade agropastoril.
- *Área Urbanizada*: áreas com feições características de ocupação urbana.
- *Hidrografia*: rios, igarapés, lagos e represas observados na imagem.
- *Áreas não Mapeadas*: áreas da imagem onde a presença de nuvens e suas sombras impossibilitaram o mapeamento do uso e cobertura do solo.

Para o dimensionamento da extensão das áreas ocupadas por vegetação remanescente e degradada de Floresta as classes de uso da terra mapeadas foram distribuídas em dois grupos: Área Remanescente de Floresta, composto pelas classes Floresta e Vegetação Secundária/SAFs; e Área Alterada de Floresta, reunindo as classes Agricultura e Pasto/Solo Exposto.

O indicador das áreas de remanescentes florestais disponíveis à manutenção de reserva legal foi obtido por meio da equação:

$$P_{FR} = \frac{F_R}{(F_R + F_A)} 100$$

onde, P_{FR} = porcentagem de áreas remanescentes de florestas disponíveis à manutenção de reserva legal; F_R = extensão da Área Remanescente de Floresta em quilômetros quadrados; e F_A = extensão da Área Alterada de Floresta em quilômetros quadrados.

Todas as variáveis foram ajustadas para as áreas onde recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Uso e ocupação do solo

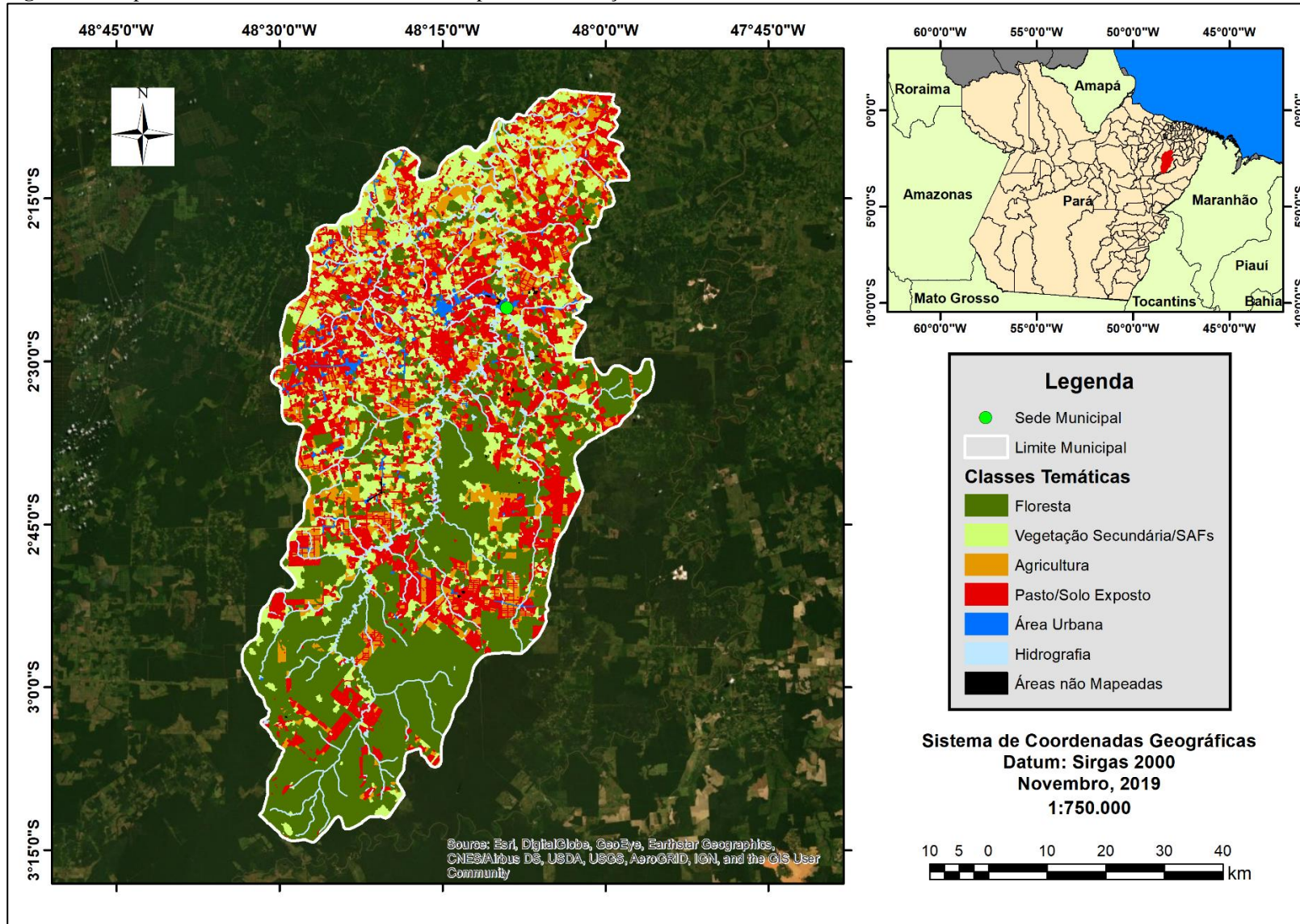
O mapeamento de uso e cobertura do solo identificou 7 classes: Floresta, Vegetação Secundária/SAFs, Agricultura, Pasto/Solo Exposto, Área Urbana, Hidrografia e Áreas não Mapeadas (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1 – Área (ha) e percentual das principais classes de uso e cobertura do solo mapeadas no município de Tomé-Açu.

Classes	Área (ha)	Percentual em relação ao município (%)
Floresta	181899,344	35,00%
Vegetação Secundária/SAFs	110899,221	21,50%
Agricultura	102774,399	20,00%
Pasto/Solo Exposto	111802,409	22%
Área Urbanizada	3773,010	0,70%
Hidrografia	3945,932	0,75%
Áreas não Mapeadas	223,5	0,05%
Total	515317,993	100%

Fonte: USGS (2017); Autor.

Figura 3 – Mapa de uso e cobertura do solo do município de Tomé-Açu.



Fonte: IBGE (2017); USGS (2017); Autor.

A classe Floresta possui cerca de 181899,344 ha e ocupa 35% da área do município, onde pode ser encontrada dispersa em manchas e/ou em “ilhas” isoladas. São as áreas em que os remanescentes de vegetação nativa apresentam melhores condições de conservação. Segundo o Governo do Estado do Pará, ainda na década de 1980, a cobertura vegetal original de Tomé-Açu (Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas) havia sido degradada em torno de 40%. Isto significaria que, em relação a este estudo, nos últimos 30 anos o percentual de vegetação nativa degradada aumentou por volta de 25% de sua área.

A classe Vegetação Secundária/SAFs apresentando um percentual de ocupação de 21,5% da área total, correspondendo a 110899,221 ha, é composta por zonas de vegetação antropizada, capoeiras em diferentes estágios sucessionais, campos sujos e lavouras abandonadas. Esta classe está intimamente ligada ao desenvolvimento bastante antigo de atividades agrícolas e extrativistas na região. Os Sistemas Agroflorestais (compostos principalmente, pela pimenta-do-reino, cacau, açaí, maracujá, cupuaçu, dentre outras espécies nativas) por apresentarem respostas espectrais muito semelhantes e, segundo a legislação, serem também uma alternativa para compor as reservas legais, neste estudo foram quantificados juntos às áreas de vegetação secundária, compondo uma única classe, denominada Vegetação Secundária/SAFs.

Nepstad *et al.* (1999), cita a monocultura de grãos, a produção de carvão vegetal, a extração ilegal de madeira, a expansão pecuária, a abertura de estradas, a colonização de novas áreas e a agricultura de corte e queima como alguns dos principais motivadores do elevado percentual deste tipo de vegetação na região Nordeste Paraense. Onde, segundo Vieira *et al.* (2003), no início do século 21 já ocupava aproximadamente 50% da cobertura vegetal da área.

Com relação aos usos da terra, a classe Agricultura com 102774,399 ha correspondeu a 20% da área classificada. De fato, o município de Tomé-Açu denota um setor de atividade agrícola bastante desenvolvido, abrangendo diversos cultivos, como por exemplo as lavouras temporárias de feijão, milho, arroz e mandioca, passando pelas monoculturas como a dendeicultura (*Elaeis guineenses*). Essa presença cada vez mais intensa do cultivo de Dendê pode acarretar no aumento de externalidades ambientais negativas na região, principalmente devido a substituição de floresta nativa por monocultivo exótico e a possível alteração das funções e serviços ecossistêmicos.

Formada por áreas com baixa intensidade de cobertura vegetal, compreendendo as pastagens e áreas onde houve remoção total da vegetação natural. A classe Pasto/Solo Exposto apresentou o segundo maior percentual de ocupação, com 111802,409 ha, o que corresponde a

22% da área total do território municipal. É importante frisar que esta classe devido ao uso intensivo da terra, remoção da vegetação de áreas de proteção, exposição do solo a processos erosivos e assoreamento de corpos hídricos apresenta um elevado potencial de degradação e modificação das condições ambientais naturais.

A classe Área Urbanizada com 3773,010 ha e um percentual de 0,70% em relação ao município é formada pelas aglomerações urbanas, onde geralmente se observa elevada modificação das condições naturais.

A classe Hidrografia com uma área de 3945,932 ha corresponde a 0,75% do município. Tendo o rio Acará-Mirim como sua drenagem principal além de diversos igarapés e outros rios menores. As principais preocupações relacionadas a essas áreas são o assoreamento e a contaminação de alguns corpos hídricos, devido principalmente a lixiviação em direção às drenagens, de agrotóxicos e fertilizantes químicos utilizados nas lavouras.

As Áreas não Mapeadas com 223,5 ha e participação de 0,05% na área total do mapa, correspondem às regiões cobertas por nuvens e suas respectivas sombras na área da órbita no momento em que o satélite fazia a aquisição de dados da cena. Percentual este que se mostra como sendo um bom resultado com vistas a uma análise mais próxima da realidade.

Fernandes (2012), em diagnóstico da cobertura e uso do solo no município de Tomé-Açu, identificou 56,25% da área do município composta por áreas de vegetação natural, constituídas por formações vegetais primárias e secundárias. O autor mapeou também as áreas antrópicas agrícolas, formadas pelas lavouras e pastagens, compondo 26,95% da área de estudo. Valores estes que se assemelham aos encontrados neste estudo.

5.2 Identificação dos remanescentes vegetais disponíveis para manutenção de reserva legal

Na figura 4 observa-se a distribuição das áreas onde recai a obrigatoriedade de manutenção da reserva legal, ou seja, as áreas constituídas originalmente por formações florestais, excluídos as terras indígenas, as áreas atualmente urbanizadas, os espelhos d'água e as áreas encobertas por nuvens e suas sombras.

Os valores calculados para o indicador de áreas de remanescentes de vegetação disponíveis à manutenção de reserva legal podem ser observados no Quadro 1, juntamente com as áreas de Floresta remanescentes e alteradas.

Quadro 1 – Área de vegetação remanescente e alterada de floresta do município de Tomé-Açu.

Município	UF	FR	FA	PFR
		Floresta Remanescente	Floresta Alterada	Floresta Remanescente
		(km ²)		(%)
Tomé-Açu	PA	2927,985	2145,768	57,70

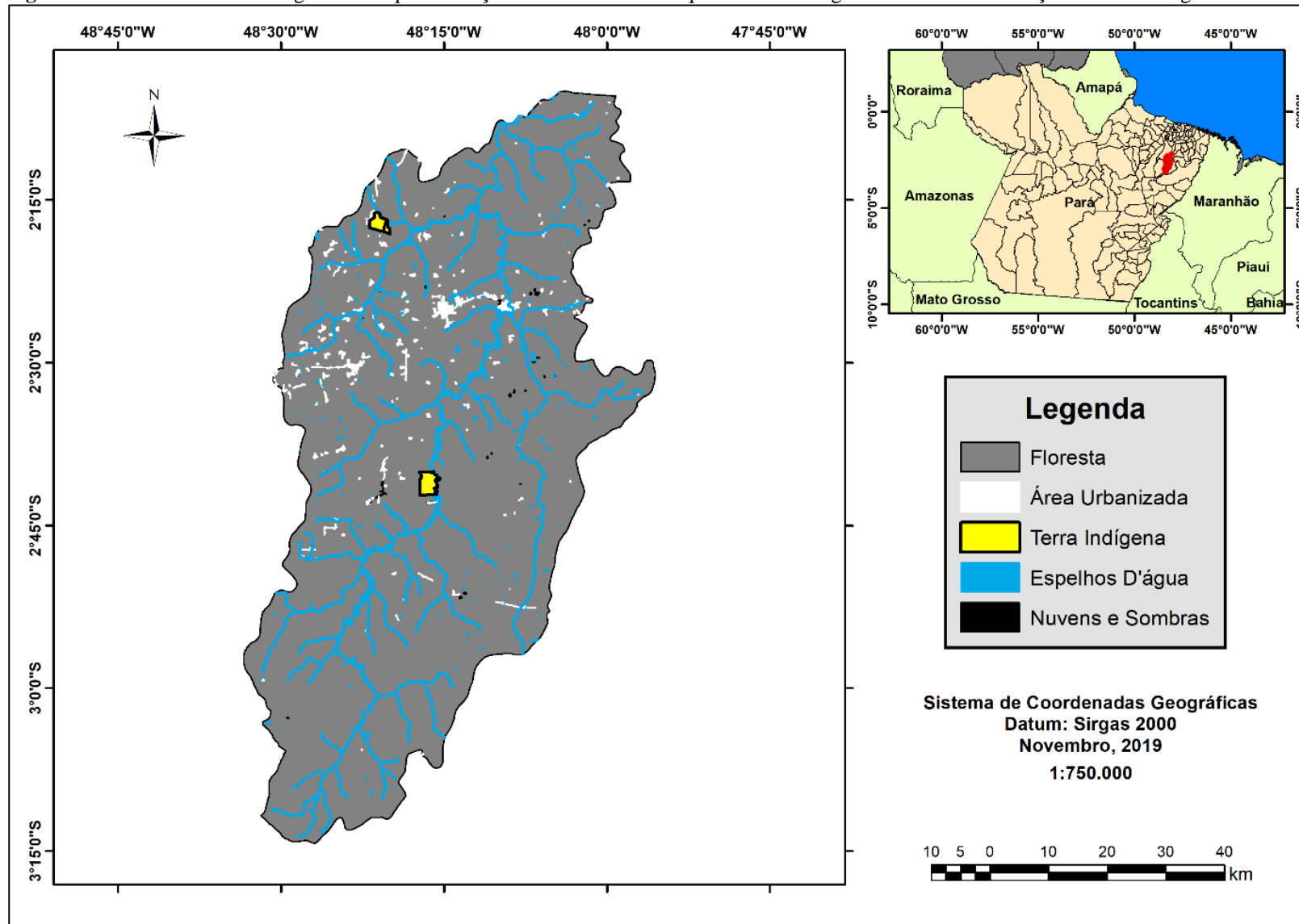
Fonte: USGS (2017); Autor.

Observa-se, no Quadro 1 que o município estudado não apresenta o percentual mínimo de vegetação florestal, estabelecido na legislação vigente, para a composição de reserva legal. A porcentagem de áreas remanescentes de florestas observada no período de estudo foi de 57,70%, quando, segundo o Código Florestal Brasileiro, para áreas de florestas localizadas na Amazônia Legal Brasileira, deve-se manter o mínimo de 80% da cobertura vegetal dos imóveis rurais.

Fidalgo *et al.* (2003), em estudo realizado em nove município do Pará e Maranhão localizados na região da Amazônia Legal observou valores de remanescentes florestais também inferiores ao mínimo estabelecido de 80% em todos os municípios, apresentando valores médios inferiores a 50%, chegando até o percentual de 6.46% em algumas áreas.

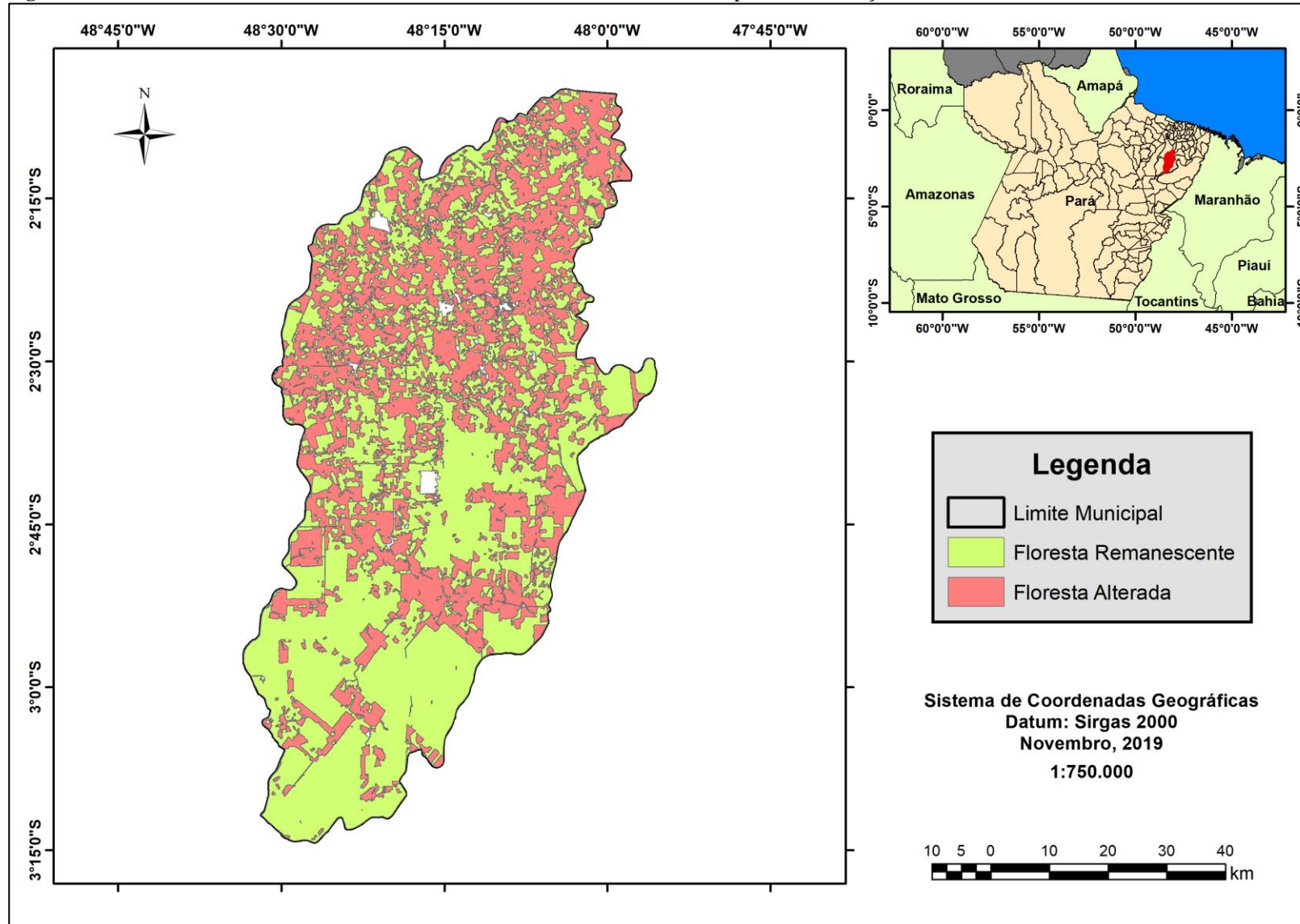
A figura 5 mostra a localização dos remanescentes florestais, formados pelas áreas de Floresta e de Vegetação Secundária/SAFs, onde é possível a demarcação de reserva legal; e também as áreas onde a vegetação florestal natural foi fortemente alterada, compostas pelas classes Agricultura e Pasto/Solo Exposto do mapa de uso e cobertura do solo.

Figura 4 – Áreas constituídas originalmente por formações florestais sobre as quais recai a obrigatoriedade de manutenção de reserva legal.



Fonte: FUNAI (2019); INPE (1992); USGS (2017); Autor.

Figura 5 – Áreas de remanescentes florestais e de floresta alterada dentro do município de Tomé-Açu.



Fonte: IBGE (2017); USGS (2017); Autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de uma série de informações e características do meio físico do município de Tomé-Açu, associadas a dados do Projeto SIVAM (limites originais de ocorrência de formações florestais na Amazônia), do SNUC (limites das unidades de conservação) e FUNAI (limites das terras indígenas), juntamente a integração de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, permitiram ao final do estudo concluir que:

- a) O município possuía originalmente sua área composta quase que integralmente por vegetação de porte florestal;
- b) Existem atualmente seis principais tipologias de uso e cobertura do solo;
- c) O percentual de vegetação disponível nas propriedades rurais do município para manutenção de reservas legais é inferior ao estabelecido na legislação vigente.

As informações inseridas neste trabalho são importantes no auxílio ao planejamento e manejo da área de estudo, e destinam-se à servir como material de suporte que possa colaborar à tomada de decisões juntamente ao poder público municipal, além de somar produtos cartográficos para utilização pela sociedade em geral, servindo como fonte de informações para que as comunidades locais tenham a oportunidade de conhecer melhor o lugar onde vivem e buscar soluções para conservação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. L. S. **Análise geoambiental como subsídio ao ordenamento territorial do município de Horizonte - Ceará**. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, 2012.
- ASSIS, J. M. O. et al. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.7, n.5, p. 859-870, 2014.
- AVANCI, T. F. S. A reserva legal como instrumento de efetividade da proteção da biodiversidade. **Revista USCS – Direito**, São Caetano do Sul, ano X, n.17, p.187-209, 2009. Disponível em: <http://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_direito/article/view/926>. Acesso em: 25 out. 2019.
- AZEVEDO, T. S. de. **Legislação e Geotecnologias na Definição das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais**: aplicação à Bacia do Córrego das Posses, Município de Extrema – MG. 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2008.
- BAKR, N.; WEINDORF, D. C.; BAHNASSY, M. H.; MAREIB, S. M.; & ELBADAWI, M. M. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multitemporal Landsat data. **Climate Change and Applied Geography**, v. 30, p. 592-605, dez. 2010.
- BARIANI, C.J.M.V.; PEREIRA FILHO, W.; BARIANI, N.M.V. Aplicação do sensoriamento remoto na fronteira oeste do rio grande do sul. In: **Fronteiras Da Pesquisa Em Geografia**, 7., 2012, Santa Maria. **Anais Eletrônicos [...]**. Santa Maria, RS: UFSM, 2012, p. 409-441. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/pos-graduacao/santa-maria/ppggeo/wp-content/uploads/sites/538/2019/01/E-book-Completo-2011-1.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2019.
- BARRACLOUGH, S. L.; GHIMIRE, K. B. **Agricultural expansion and tropical deforestation**: International trade, poverty and land use. New York: Earthscan Publications Ltd, 2013. 149 p.
- BILLOT, A. **Agriculture et systèmes d'élevage en zone Bragantine (Pará-Brasil)**: diagnostique des systèmes de production familiaux à forte composante élevage. 1995. 140 f. Master (Thesis) - Centre National d'Études Agronomiques des Régions Chaudes, Montpellier, França, 1995.
- BOLFE, E. L.; FERREIRA, M. C.; BATISTELLA, M. Biomassa epígea e estoque de carbono de agroflorestas em Tomé-Açu, PA. **Rev. Bras. de Agroecologia**, vol. 4, nº. 2, ago. 2009.
- BORGES, L.A.C. et al. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p.1202-1210, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000700016>>. Acesso em 10 set. 2019.
- BOTELHO, R.G. M & CLEVELÁRIO JUNIOR, J. Recursos naturais e questões ambientais. In: FIGUEIREDO, A. H. de (Org.). **Brasil**: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 435p.

BRAGA, R.B. Disposições Transitórias. In: MILARE, E.; MACHADO, P.A.L. (Orgs.). **Novo Código Florestal: Comentário à Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, à Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012**. 2.ed. São Paulo: Rev. dos Tribunais, 2013. Cap. XIII, p.484-487.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <<http://portal.in.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

BRASIL. **Lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 202, 18 outubro 2012b. Seção 1, p.1. Disponível em:<<http://portal.in.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2019.

CABRAL, T. L. **Zoneamento e Mapeamento Geoambiental do município de Sorriso-MT**. 2014. 131p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

CAMPARI, J. S. **The Economics of Deforestation in the Amazon**. 1. ed. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2005. p. 242.

COELHO JUNIOR, L. Intervenções nas áreas de preservação permanente em zona urbana: uma discussão crítica acerca das possibilidades de regularização. **Revista Custus Legis**, v. 2, p. 1-31, 2010.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014.

CORDEIRO, I. M. C. C.; ARBAGE, M. J. C.; SCHWARTZ, G. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. **Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017, p. 19-58.

CREPANI, E.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento regional da cobertura e uso atual da terra**. São José dos Campos: INPE, 2001. 22 p. (INPE-8478- NTC/346).

DELALIBERA, H.C. et al. Alocação de reserva legal em propriedades rurais: Do cartesiano ao holístico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.286-292, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000300010>>. Acesso em: 01 set. 2019. doi: 10.1590/S1415-43662008000300010.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Shapefile Malha Rodoviária Brasileira, 2015. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

DUARTE, V. et al. **Metodologia para criação do PRODES Digital e do banco de dados digitais da Amazônia** – Projeto BADDAM. São José dos Campos: INPE, 1999. 33 p. (INPE-7032-PUD/035).

EGLER, E. G. A. Zona Bragantina no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 527-555, 1961.

FERNANDES, M. P. M. **Diagnóstico da cobertura e uso do solo do município de Tomé-Açu, estado do Pará**. 2012. 41 f. Monografia (Especialização em Gestão Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.

FIDALGO, E. C. C. et al. Mapeamento do uso e da cobertura atual da terra para indicação de áreas disponíveis para reservas legais: estudo em nove municípios da região amazônica. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.871-877, 2003.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Os Satélites e Suas Aplicações**. 1ed. São José dos Campos: JAC Gráfica e Editora, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 128p.

FLOHRSCHUTZ, G.H.H.; HOMMA, A.K.O.; KITAMURA, P.C.; SANTOS, A.I.M. **O processo de desenvolvimento e nível tecnológico de culturas perenes: o caso da pimenta-do-reino no nordeste paraense**. Belém, CPATU, 1983. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 23).

FOLEY, A.L.; DEFRIES, R.; ASNER, G.P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S.R.; CHAPING, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KYCHARIK, C.J.; MONFREDA, C.; PATZ, J.A.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global Consequences of land use. **Science**, Washington, v. 309, n. 570, p. 570-574, 2005.

FONTES, A. T. & SOUZA, M. P. de. Diagnósticos e cenários ambientais utilizando o SIG na conservação de recursos hídricos: o caso de Ribeirão Preto. **In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos**, Vitória. **Anais...** Vitória: ABRH, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global Forest Resources Assessment 2010: Main Report**. Roma, Itália: FAO, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2019.

FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; MENEZES, A. J. E. A.; MATOS, G. B; ROCHA, A. C. P. N. **Indicadores tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé-Açu, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005 (Documentos).

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. Shapefile Terras Indígenas, 2019. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/index.php/shape>>. Acesso em: 20 set. 2019

GOMES, D. D. M. **Análise da Degradação da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibas / Ce por Meio de Ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. 2010. 146 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, 2010.

HOMMA, A.K.O.; WALKER, R.T.; CARVALHO, R.A.; FERREIRA, C.A.P.; CONTO, A.J.; SANTOS, A.I.M.; SCATENA, F.N. **Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso dos agricultores nipo-brasileiros em Tomé-Açu, Pará**. In: COSTA, J.M.M. (org.). *Amazônia: desenvolvimento econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade de recursos naturais*. Belém, UFPa/NUMA, 1995. p.37-56.

HOMMA, A. K. O. **História da agricultura na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2003. 274 p.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da colônia agrícola de Tomé-Açu, Pará. **Revista Instituto de Estudos Superiores da Amazônia**, Belém, v. 2, n.1/2, p. 57-65, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Shapefile Limites Municipais Brasileiros, 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados – cidades**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/para/tomeacu.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010a**. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2019.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. **Estatística municipal 2012**. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/TomeAcu.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Shapefile Mapa de Vegetação do Brasil, 1992. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_sipam.php>. Acesso em: 29 ago. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução ao Geoprocessamento**. 2000. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 15 set. 2019.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 3rd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2005. 526p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Ephiaphanio et al. São José dos Campos: Parênteses, 2009. 599p.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. 750 p.

LOUREIRO, V. R. **História social e econômica da Amazônia**. In: Estudos e problemas amazônicos. História social e econômica e temas especiais. 2ª ed., Belém: CEJUP, 1992.

MAFRA, L. C. A. **Estudo da Dinâmica Costeira da Região da Foz do Rio Piranhas-Açu Para Geração de Mapas de Sensibilidade do Litoral ao Derramamento de Óleo**. 2005. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2005.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Agroforestry as an alternative to legal reserves. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79-96, 2014.

MEDEIROS, C. N. **Geoprocessamento na Gestão Municipal: Mapeamento do Meio Físico e Socioeconômico do Município de Parnamirim (RN)**. 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, RN, 2004.

MEDEIROS, R.; GARAY, I. Singularidades do sistema de áreas protegidas para a conservação e uso da biodiversidade brasileira. **Dimensões Humanas da Biodiversidade: O desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI**. Petrópolis: Ed. Vozes, 2006a.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, vol. 9 n. 1 jan./jun. 2006b. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/0D/asoc/v9n1/a03v9n1.pdf>>. Acesso em 17 set. 2019.

MELO NETO, J.E. Das disposições gerais incisos III a V e X. In: MILARE, E.; MACHADO, P.A.L. (Orgs.). **Novo Código Florestal: Comentário à Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, à Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012**. 2.ed. São Paulo: Rev. dos Tribunais, 2013. p.166-141.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, v.31, p.237-350, 2011.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed 1ª reimp. Ed. da UFV, 2007. 320p.

MUKAI, T. **O novo código florestal: notações à Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, coma as alterações da Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012, de 17 de outubro de 2012**. Rio de Janeiro: Forense, 2013. 162p.

NEPSTAD, D. C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTERK, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and Fire. **Nature**,

398, p. 505-508, jan 1999. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/19066>>. Acesso em: 16 set. 2019.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2008. 388 p.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387p.

PACHECO, NA.; BASTOS, T.X. Caracterização climática do Município de Tomé-Açu, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001, 18p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 87).

PASTANA; D. N. B., RIBEIRO; P. D. dos S., ROCHA; E. S. da, BARROS; D. de S. Mesorregião nordeste do estado do Pará: produção e preço da madeira em tora em 2009-2010. In: **Anais do 9º Seminário Anual de Iniciação Científica da UFRA. 1º Simpósio de Cadeias Produtivas e Desenvolvimento Sustentado da Amazônia. 3º Seminário de Pesquisa da UFRA**. Belém, Pará, 19 – 21 de outubro de 2011.

PENTEADO, A. R. **Problemas de colonização e de uso da terra na Região Bragantina do Estado do Pará**. Belém: UFPA, 1967.

PEZZUTI, J. C. B. Síntese analítica do mapeamento das condições ambientais da macrorregião de Paragominas. **Papers do NAEA (UFPA)**, v. 236, p. 01, 2009.

PINHEIRO, L.M.R.; MOREIRA, J.L.P.; TAKEDA; G.; SUZUKI, E.K. **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural de Tomé-Açu**. Tomé-Açu: Prefeitura Municipal de Tomé- Açu - SEMAG, 1999. 49p.

POLIZIO JUNIOR, V. **Código florestal – comentado, anotado e comparado**. São Paulo: Rideel, 2012. 436p.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160p.

RADAMBRASIL, Projeto. Folha SA. 22 Belém: geologia, geomorfologia, solos vegetação, uso potencial da terra. **Rio de Janeiro**, 1974.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; VALENTE, M. A.; RÊGO, R. S.; GAMA, J. R.; SILVA, J. M.; SANTOS, E. S.; ROLLIM, P. A. **Zoneamento agroecológico do município de Tomé-Açu, estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 81 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 118).

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica**. Uberlândia: EDUFU, 104p. 1996.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

SCHIRMER, G. J.; DE SOUZA ROBAINA, L. E. Estudo geoambiental na geografia e sua importância como base para o planejamento e ordenamento territorial. **Fronteiras Da Pesquisa Em Geografia**, p. 442, 2012.

SILVA, M. K. A. **Análise geoambiental das bacias hidrográficas federais do cerrado mineiro**. 2009. 200 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009.

SIVAM, PROJETO. Relatório metodológico de trabalho. 2002.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação Geoambiental do Ceará. In: SILVA, José Borzacchiello da; et. al. (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 127-140.

USGS. United States Geological Survey. 2017. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.55-64, 2010.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, 1991.

VERBURG, P. H.; SCHOT, P.; DIJST, M., VELDKAMP. A. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, n. 4, p. 309-324, ISSN: 0343-2521, DOI: 10.1007/s10708-004-4946-y, dez. 2004.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos madeireiros do estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002. 74 p.

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. D.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R. D.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, 87: 470–481. 2003.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para a análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier Silva, 2001.

YAMADA, M. **Japanese immigrant agroforestry in the brazilian amazon: a case study of sustainable rural development in the tropics**. 1999. 821 f. Thesis (Phd): University of Florida, Florida, 1999.