

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA ASSOCIADOS À
ATIVIDADES EXTRATIVISTAS E À AGRICULTURA DE PEQUENA
ESCALA: A REGIÃO DO BAIXO TOCANTINS, PA

Gabriela Veneziani de Souza Santos

Prof(a). Dr(a). Maria Isabel Sobral Escada

Rio Claro/SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

GABRIELA VENEZIANI DE SOUZA SANTOS

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA ASSOCIADOS À
ATIVIDADES EXTRATIVISTAS E À AGRICULTURA DE
PEQUENA ESCALA: A REGIÃO DO BAIXO TOCANTINS, PA

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, para obtenção do grau de Engenheira Ambiental.

Rio Claro/SP

2018

S237a

Santos, Gabriela Veneziani de Souza

Análise do Uso e Cobertura da Terra associados a Atividades Extrativistas e a Agricultura de Pequena Escala : A Região do Baixo Tocantins, PA / Gabriela Veneziani de Souza Santos. -- Rio Claro, 2018

71 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientadora: Maria Isabel Sobral Escada

1. Uso e cobertura da terra. 2. Classificação. 3. Extrativismo. 4. Agricultura.

I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

GABRIELA VENEZIANI DE SOUZA SANTOS

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA ASSOCIADOS À
ATIVIDADES EXTRATIVISTAS E À AGRICULTURA DE
PEQUENA ESCALA: A REGIÃO DO BAIXO TOCANTINS, PA

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Maria Isabel Sobral Escada (orientadora)
Prof. Dr. Paulina Retti Seidel
Dr. Juliana Silveira dos Santos

Rio Claro, 13 de Novembro de 2018.

Assinatura da aluna



Assinatura da orientadora



AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais que me proporcionaram toda a base de conhecimento e educação para sempre ir além,

À minha irmã, meu namorado, minha família e amigos que me apoiaram e me incentivaram,

À minha orientadora Maria Isabel portadora de grande conhecimento e sensibilidade que me permitiu ampliar meus horizontes,

À minha co-orientadora do projeto no INPE Anielli Souza que sempre com muita paciência e simpatia me ensinou e me acompanhou de perto desde o começo,

A Deus.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa sobre os sistemas de produção relacionados com uso da terra dos municípios de Mocajuba, Cametá e parte de Baião e Moju, no Estado do Pará, tendo como ênfase os sistemas de pequena escala e os agroflorestais. Estes sistemas podem ser vistos como alternativas para o uso sustentável da floresta e são de grande importância para a economia regional, mas ainda pouco visíveis ao planejamento do território e às políticas públicas. Os sistemas de monitoramento do uso e cobertura da terra da Amazônia do INPE, que utilizam de dados de satélite, como os do Landsat, fornecem dados desde 2004. Porém, devido a resolução espacial destes sensores, as categorias de uso e cobertura da terra relativas à agricultura de pequena escala e às atividades agroflorestais são pouco detectadas. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para classificar estas áreas. A economia da área se baseia fortemente na produção do açaí, porém, as áreas de ocorrência do açaí, em geral não são mapeadas, pois apresentam respostas espectrais semelhantes às áreas de cobertura florestal primária e/ou secundária. Por essa razão, dados complementares para o mapeamento desse sistema são necessários, como os limites de áreas de várzeas, onde potencialmente ocorrem os açazeiros. Neste trabalho, testamos em uma área piloto, imagens provenientes dos satélites PAN10/CBERS e OLI/Landsat para o ano de 2016 e três algoritmos de classificação, fatiamento de imagens obtidas com o Modelo Linear de Mistura Espectral, um classificador por pixel (MaxVer) e outro por regiões (Bhattacharya). As seguintes classes foram mapeadas: Florestas, Hidrografia, Não-floresta, Vegetação Secundária Avançada (VSA), Vegetação Secundária Inicial (VSI) e Outros. O melhor resultado foi a imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass com índice Kappa 0,80, entretanto, devido a alta cobertura de nuvens nas imagens do ano de 2016, foram utilizados o fatiamento e a imagem OLI/Landsat, com índices de acerto de 92% para a VSA, 84% para a VSI e 97% para Outros. O índice de exatidão global foi de 91% e índice Kappa foi de 0,87. Para avaliar foram utilizadas, como referência, amostras testes e dados de campo. Essa classificação foi ampliada para toda a área de estudo e foi mapeada a classe Agricultura de Pequena Escala com um classificador orientado a objeto, resultando em 3% da área total. Em paralelo, foi realizado o mapeamento de áreas baixios, com dados do SRTM e do algoritmo HAND. As classes de VSA e Floresta primária foram cruzadas com as áreas de baixio e ecótono, o que possibilitou indicar as áreas potenciais de ocorrência de açaí que correspondeu a 43,8% da área de estudo. A metodologia desenvolvida neste trabalho mostrou ser eficaz na detecção das classes de uso e cobertura da terra da área de estudo, dando maior visibilidade aos sistemas de produção que são muitas vezes negligenciados nos sistemas de monitoramento, mas que são de grande importância para a economia local e regional e que devem ser inseridos de forma mais adequada nas políticas públicas e no planejamento territorial.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra. Classificação. Extrativismo. Agricultura

ABSTRACT

This study presents the results of the research on the production systems related to land use in the municipalities of Mocajuba, Cametá and part of Baião and Moju, in the State of Pará, with emphasis on small scale systems and agroforestry. These systems can be seen as alternatives for the sustainable use of the forest and are of great importance for the regional economy, but still not visible to the planning of the territory and the public policies. Land use and land cover monitoring systems from INPE, which use satellite data, such as Landsat, provide data since 2004. However, due to the spatial resolution of these sensors, the land use and land cover categories small-scale agriculture and agroforestry activities are poorly detected. Thus, the objective of this work was to develop a methodology to classify these areas. The economics of the area are strongly based on the production of açaí, however, the occurrence areas of the açaí are generally not mapped, since they present similar spectral responses to the areas of primary and / or secondary forest coverage. For this reason, complementary data for the mapping of this system are necessary, such as the limits of floodplain areas, where potentially occur the açaí trees. In this work, we tested in a pilot area, images from the PAN10/CBERS and OLI/Landsat satellites for the year 2016 and three classification algorithms, image slicing obtained with the Linear Spectral Mixing Model, one classifier per pixel (MaxVer) and another by regions (Bhattacharya). The following classes were mapped: Forests, Hydrography, Non-forest, Advanced Secondary Vegetation (VSA), Inicial Secondary Vegetation (VSI) and Others. The best result was the PAN10/CBERS image with TerraClass methodology with Kappa index 0.80, however, due to the high cloud cover in the images of the year 2016, the slicing and the OLI/Landsat image were used, with indexes of correctness 92% for VSA, 84% for VSI and 97% for Others. The overall accuracy index was 91% and the Kappa index was 0.87. Samples and field data were used as reference. This classification was extended to the entire study area and the Small Scale Farming class was mapped to an object oriented classifier, resulting in 3% of the total area. In parallel, the mapping of shallow areas was performed, with data from the SRTM and the HAND algorithm. The VSA and primary Forest classes were crossed with the fallow and ecotone areas, which allowed to indicate the potential areas of açaí occurrence that corresponded to 43.8% of the study area. The methodology developed in this work showed to be effective in detecting land use and land cover classes in the study area, giving greater visibility to production systems that are often neglected in monitoring systems, but which are of great importance to the local economy and regional and that should be inserted more appropriately in public policies and territorial planning.

Keywords: Land use and land cover. Classification. Extractivism. Agriculture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Açaizais no quintal das casas no município de Mocajuba, PA.....	24
Figura 2 - Mapa político do Estado do Pará e a área de estudo, os municípios de Mocajuba, Cametá, e parte de Baião e Moju.	28
Figura 3 - Fluxograma com as etapas seguidas na pesquisa.....	32
Figura 4 - Área piloto escolhida para o projeto.	33
Figura 5 - Comparação entre (A) imagem OLI/Landsat R4B5G6 e (B) imagem do Google Earth.	38
Figura 6 - Classificação para o ano de 2016 da área piloto (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass; (B) Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass; (C) Imagem PAN10/CBERS com classificador supervisionado por regiões; (D) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por regiões; (E) Imagem PAN10/CBERS com classificador supervisionado por pixel; (F) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por pixel.	44
Figura 7 - Classificação da área de estudo com OLI/Landsat por MLME.....	49
Figura 8 - Mapa indicando áreas de baixio (tons azuis) e áreas mais altas de terra firme (tons vermelhos), segundo o algoritmo de HAND.	52
Figura 9 - Mapa classificado em baixio, ecótono e platô.	54
<i>Figura 10 - Efeito do desmatamento no relevo, comparação entre imagens do Google Earth (A), Classificação (B), e Grade do HAND (C).</i>	<i>57</i>
Figura 11 - (A) Área de cultivo de pimenta-do-reino e (B) Área de cultivo de mandioca, classificadas como agricultura de pequena escala em Mocajuba.	58
Figura 12 - (A) Área de cultivo de açaí em consórcio com pimenta-do-reino em Mocajuba, PA e (B) Área de cultivo de açaí em consórcio com cacau em Mocajuba, PA.....	59
Figura 13 - (A) Açaí manejado e (B) Açaí não manejado, ambos à beira do rio Tocantins.	60
Figura 14 - Registros fotográficos coletados em Mocajuba, PA, em expedição de campo em dezembro de 2017 mostrando em (A) Talude em área próxima à sede de Mocajuba, PA; (B) Talude com cerca de 20 m de altura com escadaria para acesso a comunidade Quilombola São Benedito.	61
Figura 15 - (A) Mapa gerado com o algoritmo HAND e; (B) Área de platô às margens do rio Tocantins.	62

Figura 16 - (A) Mapa gerado com o algoritmo HAND comparado a (B) Área de baixio à beira do rio Tocantins.	63
Figura 17 - Resultado do cruzamento da classificação de uso e cobertura da terra com o dado HAND de áreas de várzeas, baixios e platôs.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de produção agrícola e Efetivo Bovino dos municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju.	30
Tabela 2 – Dados utilizados na pesquisa.	31
Tabela 3 - Chave de classificação comparando a imagem OLI/Landsat R4G5B6 e imagens do Google Earth.	35
Tabela 4 - Operação realizada por álgebra booleana.	41
Tabela 5 - Matrizes de confusão: (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass (fatiamento); (B) Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass (fatiamento); (C) Imagem PAN10/CBERS com classificador por regiões; (D) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por regiões; (E) Imagem PAN10/CBERS com classificador por pixel; e (F) Imagem OLI/Landsat com classificador por pixel.	45
Tabela 6 - Matrizes de confusão: (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass e (B) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por pixel.	47
Tabela 7 - Matriz de confusão da imagem e classificador escolhidos, OLI/Landsat com metodologia do TerraClass (fatiamento).	48
Tabela 8 - Porcentagens relativas às áreas de cada classe mapeada.	51
Tabela 9 - Convergências entre dados de altura gerados com o HAND e do Google Earth para validação do algoritmo.	55
Tabela 10 - Porcentagens das áreas dos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Moju relativas a áreas de baixio, ecótono e platô.	56
Tabela 11 - Porcentagens relativas da área de cada classificação.	64
Tabela 12 - Porcentagens dos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Moju relativas a área de cada classificação de potencial de ocorrência de açaí.	64
Tabela 13 – Avaliação do Mapeamento de Açaí.	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento

DETER - Detecção de Desmatamento em tempo real

GPS - Sistema de Posicionamento Global

HAND - Height Above the Nearest Drainage

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE - Modelo Digital de Elevação

MSA – Monitoramento Ambiental por Satélite no Bioma Amazônia

OLI - Operational Land Imager

PA - Pará

PAM - Produção Agrícola Municipal

PPCDAM - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento

PPM - Produção Pecuária Municipal

PRODES - Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SPVEA - Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 Conceitos de Uso e Cobertura da Terra.....	18
3.2 O Processo de Ocupação da Amazônia.....	19
3.3 Sistemas de Monitoramento de Florestas e do Uso da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.....	21
3.4 Extrativismo e o açaí.....	22
3.5 Técnicas de Sensoriamento Remoto para a Classificação do uso e cobertura da terra.....	24
3.6 O HAND - Height Above the Nearest Drainage.....	27
4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
5 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS.....	31
5.1 Teste de algoritmos de classificação de imagens na área piloto.....	32
5.2 Mapeamento do uso e cobertura da terra em 2016 dos municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju.....	37
5.3 Classificação orientada a objeto para mapeamento das áreas de agricultura anual de pequena escala.....	37
5.4 Aplicação do algoritmo HAND para delimitação das áreas de baixio e várzea.....	39
5.5 Cruzamento dos dados de uso e cobertura com o HAND para identificação de áreas potenciais de ocorrência do açaí.....	40
5.6 Coleta de dados de campo para a avaliação do mapeamento do uso e cobertura da terra.....	41
6 ANÁLISES E RESULTADOS.....	43
6.1 Teste de algoritmos de classificação de imagens na área piloto.....	43
6.2 Avaliação da Classificação.....	45
6.3 Resultados da classificação para a área de estudo.....	47
6.4 Mapeamento das áreas de agricultura de pequena escala e sua inclusão no mapa de uso e cobertura da terra.....	49
6.5 Aplicação do algoritmo HAND para delimitação das áreas de baixio e várzea.....	51

6.6 Coleta de dados de campo para a avaliação do mapeamento do uso e cobertura da terra dos municípios de Mocajuba e Cametá.....	57
6.7 Áreas Potenciais de Ocorrência de Açaizal: Resultados do cruzamento dos dados de uso e cobertura da terra com o HAND.....	63
7 CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia tem apresentado um considerável decréscimo nas taxas anuais de desmatamento na última década, tendo passado de 27.772 km² em 2004 para 4.600 km², com uma tendência de aumento no período de 2012 a 2017 chegando a 7.900 km² em 2016 (INPE, 2017).

Parte importante da redução das taxas de desmatamento nesse período se deve a implementação de políticas integradas e de ações de controle e combate ao desmatamento, tendo como um dos mecanismos de controle mais eficazes, o PPCDAM - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento, um programa que envolve vários ministérios e Instituições dos estados da Amazônia Legal. Esse plano foi estruturado em três eixos: 1. Ordenamento Fundiário e Territorial; 2. Monitoramento e Controle Ambiental e; 3. Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis. Mais recentemente um novo eixo foi estabelecido, Instrumentos Econômicos e Normativos (4ª fase do PPCDAm).

Nos dois primeiros eixos, várias ações e programas foram criados e implementados, refletindo na redução das taxas de desmatamento. Entretanto, os eixos 3 e 4, ainda não foram ou foram pouco desenvolvidos. O eixo 3, se constitui como uma linha de ação a longo prazo, que tem como objetivo propor alternativas econômicas ao conjunto de populações da Amazônia, de forma a reduzir a conversão de novas áreas de floresta e utilizar, de forma sustentável, os recursos florestais existentes. Entretanto, o desconhecimento da diversidade estrutural e dos tipos de agentes que convivem nesta economia regional tem tornado invisível, para os formuladores de políticas públicas, as possibilidades de trajetórias econômicas que envolvem a população extrativista, pequenos e médios produtores, seus arranjos produtivos e seus modos de produzir e, que observam, de forma positiva, sua integração no território de florestas e rios (SOUZA, A. et al, 2018).

De acordo com Bondízio (2008), a invisibilidade é resultado de uma visão dominante do que é um sistema agrícola eficiente do ponto de vista da economia, tecnologia e da agronomia. E nesta visão, os sistemas agroflorestais, como são definidas as áreas de extração do açaí e a produção de alimentos em pequena escala, não são vistos como sistemas produtivos. Apesar de dominar essa visão, Costa (2016) aponta que eles apresentam uma contribuição próxima a 22% do valor total da economia rural da região norte. O fruto do açaí, por exemplo, movimenta muito fortemente a economia tanto dos municípios, quanto do estado do Pará (ALMEIDA, 2010). Além dos benefícios econômicos e sociais os sistemas agroflorestais são importantes do ponto de vista ambiental, pois

adotam técnicas que possibilitam a conservação da floresta e, conseqüentemente, a manutenção da biodiversidade.

O grande crescimento do consumo do açaí no mercado nacional e internacional estimulou a implantação do cultivo de açaizais em terra firme, pois a produção extrativista não conseguiu acompanhar a demanda criando-se novos sistemas de produção (GUIMARÃES, 2016) que, na concepção de Costa (2009), enquadra-se em trajetórias patronais que correspondem a atividades agropecuárias de larga escala, de maior visibilidade.

Na região nordeste do Pará, além do açaí, a mandioca, a pimenta-do-reino e o cacau são os produtos agrícolas mais importantes produzidos regionalmente e que se originam de atividades desenvolvidas por pequenos e médios produtores rurais. Embora essas produções sejam expressivas e importantes para renda e consumo de grande parte da população local, são as outras formas de produção ligadas ao agronegócio, como grãos e dendê, ou à pecuária, que têm sido reforçadas e apoiadas pelos programas governamentais de fomento às atividades produtivas.

Para propor políticas de base sustentável, é necessário conhecer as estruturas territoriais regionais que são diversas e, muitas delas, invisíveis. Parte dessas estruturas pode ser identificada e mapeada com uso de dados de sensoriamento remoto. Os dados de uso e cobertura da terra do TerraClass, por exemplo, produzidos pelo INPE e Embrapa (ALMEIDA et al, 2016), possibilitam identificar algumas dessas estruturas a partir do mapeamento e análise do conjunto de classes de uso e cobertura da terra que compõe uma determinada região (SOUZA, 2016). Porém, esses dados são produzidos com imagens da série Landsat, de resolução espacial moderada (30 m) e tem como unidade mínima de mapeamento, áreas de 6,25 ha. O sistema de produção em pequena escala, geralmente utiliza áreas de tamanho inferior a 1 ha (DAL'ASTA et al, 2014), como é o caso do cultivo da mandioca, não mapeado pelo TerraClass. Esses cultivos se dão em meio à vegetação secundária, em um modelo de agricultura itinerante, em que o pousio e a regeneração fazem parte da forma de produção. Também nas áreas em que ocorrem atividades extrativistas e agroflorestais, para obtenção de produtos como o cacau e o açaí, o mapeamento não é feito, pois essas áreas estão incluídas ou em áreas de floresta primária (açaí) ou em áreas de vegetação secundária (açaí e cacau), difíceis de serem discriminadas com imagens de satélite apenas.

Neste trabalho, a proposta é mapear as áreas de ocorrência de açaí, bem como de agricultura anual de pequena escala, a partir de dados de sensoriamento remoto, dados de campo e dados extraídos de imagens SRTM - Shuttle Radar Topography Mission que, juntamente com um

algoritmo descritor topográfico, o HAND - Height Above the Nearest Drainage (RENNÓ et al, 2008), possibilita mapear áreas de baixio e de várzea e, combinado com dados de uso e cobertura da terra, podem indicar áreas potenciais de ocorrência de açaizais.

A área de estudo envolve os municípios de Mocajuba, Cametá e parte de Baião e Moju, na região Nordeste do Pará. É nessa região que se localiza o maior polo brasileiro de produção de açaí (*Euterpe oleracea*), com uma forma de exploração sustentável, gerando renda e emprego às famílias locais (ALMEIDA, 2010).

Esse trabalho se insere no escopo do subprojeto 5 do Projeto MSA – Monitoramento Ambiental por Satélite no Bioma Amazônia, financiado pelo Fundo Amazônia/BNDES. Os resultados deste trabalho serão utilizados para subsidiar futuras análises de padrões de uso e cobertura da terra, identificando e caracterizando os diferentes sistemas de produção presentes na região.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Considerando que grande parte da população da Amazônia depende das economias de pequena escala e extrativista, e o fato de que as classes de uso e cobertura da terra associadas a essas atividades não têm sido monitoradas na forma e na frequência adequadas, a proposta desse trabalho é desenvolver uma metodologia para mapeamento do uso e cobertura da terra, com ênfase nas classes de Agricultura Anual de Pequena Escala, Vegetação Secundária e sistemas agroflorestais que envolvem áreas de extração, plantio e manejo do açaí, além das classes de uso e cobertura da terra definidas na legenda do TerraClass. A área de estudo corresponde aos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Moju, região do Baixo Tocantins, situada no Nordeste do Pará e o mapeamento foi realizado para o ano de 2016. Para cumprimento dessa proposta, quatro objetivos específicos foram definidos:

1. Testar o desempenho de métodos e de imagens (CBERS e Landsat), em área piloto, para classificação do uso e cobertura da terra do ano de 2016 na área de estudo, dando ênfase às classes de Vegetação Secundária Avançada e Agricultura Anual de Pequena Escala;
2. Desenvolver metodologia para o mapeamento de áreas potenciais de ocorrência de açaiçais a partir do cruzamento de mapas de uso e cobertura da terra com áreas de várzea e de baixio, obtidas com os dados do SRTM e com o HAND;
3. Aplicar a metodologia de Souza (2018) para mapeamento de áreas de agricultura de pequena escala para o ano de 2016;
4. Analisar os padrões de uso e cobertura da terra na região, tendo como base o mapeamento gerado para 2016.

Para contextualizar e fundamentar essa pesquisa e a metodologia que foi empregada, na seção seguinte são apresentados conceitos, produtos e técnicas envolvidas na execução desse trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No decorrer desta seção são abordados os conceitos de uso e cobertura da terra. A partir disso, é apresentado o histórico de ocupação da Amazônia e alguns de seus efeitos na atual dinâmica do território e da paisagem, além de um panorama sobre o extrativismo no Pará. Para análise do uso da terra da área de estudo, no decorrer da pesquisa, foram usados dados dos sistemas de monitoramento do INPE, dos programas PRODES - Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite e do TerraClass – Sistema de mapeamento do uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira que, juntamente com imagens de sensores orbitais, foram utilizados no mapeamento do uso e cobertura nos diversos tipos de classificadores testados. Esses sistemas são apresentados e descritos nessa seção. Por fim, são apresentadas informações sobre os dados SRTM e o algoritmo HAND que possibilitam mapear áreas de baixio e de várzea, a partir de dados de elevação do terreno, possibilitando identificar áreas potenciais de ocorrência de açais quando combinados com os dados de uso e cobertura da terra.

3.1 Conceitos de Uso e Cobertura da Terra

Neste trabalho o conceito de uso e cobertura da terra baseia-se na concepção de Meyer e Turner (1994). Esses conceitos são inter-relacionados e são descritos da perspectiva do ser humano e dos serviços ambientais que a cobertura da terra provê.

Os autores diferenciam os termos *uso e cobertura* da terra, sendo que o termo *cobertura da terra* denota a cobertura física na superfície e seu estado biofísico, como a vegetação, a água e as áreas construídas. Já o termo *uso da terra*, refere-se às atividades exercidas pelo homem e à função dos recursos naturais presentes ou que revestem a superfície da terra. Como exemplo, podemos citar a agricultura, o uso urbano, o extrativismo, ou a conservação (função). Uma única cobertura pode ter vários usos, como por exemplo, a cobertura florestal, pode ser usada para o extrativismo, conservação e para atividades agroflorestais. Um único uso também pode ter mais de uma cobertura, como é o caso do uso agrícola, que em alguns momentos apresenta uma área plantada em diversos estágios e, em outros momentos, apresenta solo exposto devido à colheita e ao período de pousio.

3.2 O Processo de Ocupação da Amazônia

O processo de ocupação da Amazônia pelos portugueses teve início nas áreas ribeirinhas, a partir do século XVII, sob influência dos jesuítas. Concentrou-se nas margens dos rios navegáveis e em pontos estratégicos da costa (HOMMA, 2000). Entretanto, a população indígena já vivia na região há muito mais tempo, sobrevivendo da caça, pesca, extrativismo e da produção do milho e da mandioca. Até a década de 1950, a ocupação da Amazônia tinha seus limites na região litorânea e nas terras ribeirinhas dos rios navegáveis (BECKER, 2005), não havendo alterações significativas da cobertura florestal. A coleta das *drogas do sertão* (especiarias, ervas aromáticas e medicinais, castanha, cacau e guaraná, entre outros), bem como a exploração da borracha realizada nas margens dos rios navegáveis, iniciou o processo de conversão da cobertura florestal desde o século XIX o que reforçou e intensificou a ocupação das várzeas (HOMMA, 2000).

A ocupação do interior se intensificou na década de 1950 em consequência das decisões e ações do governo federal de estimular o povoamento da Amazônia a partir de estratégias como a criação da Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) em 1953 e a abertura de uma das primeiras rodovias federais da região, a Belém-Brasília, em 1960 (MACHADO, 1998). Com a construção desta rodovia, a terra firme ganhou foco e possibilitou o avanço de várias frentes de ocupação em diferentes áreas (HOMMA, 2000).

Na década de 1970, foram construídas outras rodovias e o governo passou a subsidiar a ocupação das terras para a expansão pioneira criando políticas de ocupação para sua exploração econômica, com culturas de café e cacau, promovendo o desmatamento dos recursos florestais amazônicos.

A inauguração da rodovia Transamazônica ocorreu em 1972, juntamente com a abertura de vários eixos rodoviários na região norte do país. O governo nesse período, a partir de programas de distribuição de terras conduzidos pelo INCRA, induziu a migração das populações da região nordeste e do sul do país. Também é importante mencionar como elementos importantes associados a ocupação da Amazônia, o incentivo a exploração mineral na Serra dos Carajás na década de 80, e a instalação das redes hidrelétricas e de telecomunicações (HOMMA, 2000; BECKER, 2005).

A partir do final da década de 80, o desmatamento virou preocupação do governo federal, devido à relevância e pressão internacional com as mudanças climáticas e aos processos de emissão de CO₂ associados à perda da cobertura florestal. Para avaliar a eficácia dessas políticas, com custos

ambientais e sociais, por demanda da SUDAM, o INPE começou a levantar dados de desmatamento da Amazônia ainda nesta década. Um mapa de desmatamento foi finalizado em 1980 estimando uma área desmatada de 152.200 km² até 1978 (VALERIANO et al, 2012). Ainda no final da década de 80, quando Chico Mendes foi assassinado, o modelo de desenvolvimento implantado na Amazônia trouxe vários questionamentos e pressões internacionais em relação ao desmatamento e queimada. Esse movimento passou a influenciar o desenvolvimento da Amazônia (HOMMA, 2000).

Em preparação para a Conferência ECO-92, o governo federal solicitou ao INPE o desenvolvimento de um programa de monitoramento das florestas da Amazônia. Assim, as taxas de desmatamento passaram a ser calculadas anualmente pelo PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (VALERIANO et al, 2012). Desde então, as taxas de desmatamento têm variado bastante. Em 1991, por exemplo, houve queda na taxa, atribuída à recessão econômica do país. Em 1995 foi registrada a maior taxa de todos os anos que foi atribuída, por alguns autores, à recuperação econômica com o Plano Real. Até 2000, o desmatamento ocorria principalmente ao longo de estradas (ALVES, 2002), mas após esse período, verificou-se a presença de novas frentes de desmatamento localizadas e comandadas por uma dinâmica regional endógena e por atores locais com capital privado, em um padrão que difere do apresentado nas décadas de 60 e 70, quando houve forte indução do governo para a formação da fronteira agrícola e a intensificação da ocupação (BECKER, 2005).

A partir da década de 90, um novo enfoque foi dado às políticas de controle do desmatamento que buscou incentivar o uso dos recursos florestais não madeireiros, a implantação de sistemas agroflorestais, produção familiar, dentre outros. Entretanto, essas experiências foram pouco abrangentes e tiveram pouco efeito na redução das taxas de desmatamento. Embora a visibilidade da Amazônia internacionalmente seja grande, na prática, a construção de ferrovias, rodovias, hidrelétricas criaram caminhos para a exploração e conversão da floresta, dificultando seu controle.

No século XXI, devido a essas pressões internas e externas e as altas taxas de desmatamento registradas pelo PRODES, começou-se a adotar políticas nacionais ambientais, como o PPCDAM - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento, um programa que envolve vários ministérios, Organizações Não-Governamentais e Instituições dos estados da Amazônia Legal, para controlar o desmatamento da Amazônia, o que fortaleceu (VALERIANO et al., 2012) o

sistema de monitoramento do INPE, que evoluiu e se diversificou. A partir de 2004 foram criados novos sistemas para emitir alertas de desmatamento para a fiscalização (DETER), para qualificar as áreas desmatadas (TerraClass), e para o monitoramento da degradação florestal (DEGRAD). Neste trabalho são utilizados dados do TerraClass e do PRODES descritos com mais detalhes na seção 3.3.

3.3 Sistemas de Monitoramento de Florestas e do Uso da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Ao longo das últimas décadas foram disponibilizados vários tipos de dados de uso e cobertura da terra, obtidos com imagens de satélite. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem produzindo desde 1988 dados sobre o desmatamento da região Amazônica através do Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (PRODES) e do TerraClass (Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra da Amazônia).

O PRODES, criado em 1988, usa imagens do satélite americano Landsat para estimar taxas de desmatamento anuais, um dos seus principais produtos. O programa Landsat, iniciado em 1972, provavelmente é um dos programas espaciais mais bem-sucedidos. Inclui o sensor OLI (Operational Land Imager), o mais novo dentre os outros da série Landsat. Tem uma resolução temporal de 16 dias, resolução espacial de 30m x 30m e 12 bits de resolução radiométrica (NASA, 2017).

Essas imagens são utilizadas no PRODES que mapeia uma área mínima de 6,25 hectares. De acordo com as taxas divulgadas pelo INPE, o desmatamento na Amazônia brasileira até 2008 totalizou 777.171 km², que representa cerca de 19% da área total de floresta (INPE, 2016).

Outro sistema de monitoramento desenvolvido pelo INPE é o TerraClass, criado em 2008, que mapeia o uso e cobertura da terra e gera estatísticas sobre a área das classes mapeadas nas áreas desmatadas pelo PRODES a cada dois anos. Esse sistema gera dados que possibilitam qualificar e avaliar as causas do desmatamento, possibilitando subsidiar o planejamento e ações de políticas públicas para o combate ao desmatamento (ALMEIDA, 2016).

O TerraClass usa uma máscara de desmatamento gerada no PRODES e utiliza imagens orbitais (Landsat-5/TM, MODIS e SPOT-5) que são imagens de moderada a alta resolução espacial e temporal.

As principais classes de uso e cobertura mapeadas são: Vegetação Secundária, Agricultura Anual, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Regeneração com Pasto, Reflorestamento, entre outras. Além da classificação automática e do uso de técnicas de análises de séries temporais é realizado um trabalho de interpretação visual para identificação e mapeamento de áreas urbanas, de mineração e áreas não observadas devido à cobertura de nuvens (ALMEIDA, 2016).

Como resultado desse mapeamento, observa-se que a pastagem é a cobertura da terra que predomina, ocupando cerca de 60% das áreas desmatadas (TERRACLASS, 2016; EMBRAPA e INPE, 2017).

3.4 Extrativismo e o açaí

O extrativismo tem um papel importante no desenvolvimento econômico da Amazônia. Entre os produtos mais extraídos estão o cacau, a castanha, a madeira e o açaí (HOMMA, 1989, 1993 apud AZEVEDO, 2005). Este último tem se destacado nas últimas três décadas por apresentar um impacto positivo na economia local principalmente do estado do Pará, já que o seu consumo é de grande relevância cultural. Desta mesma espécie de açaí (*Euterpe oleracea*) pode-se retirar o fruto do açaí e o palmito.

Na década de 1970 houve a instalação de indústrias de palmito na Amazônia, e assim os ribeirinhos começam a extraí-lo para comercialização. Essa prática colocava em risco os açaizais pelo corte dos estipes e derrubada das árvores (BRABO, 1979; POLLAK; MATOS; UHL, 1996; BOVI, 2004; SIMONIAN, 2004 apud AZEVEDO, 2005).

Na década de 80 e 90, esse panorama começou a mudar, o consumo de açaí aumentou em Belém. Como consequência, houve uma alteração no manejo dos açaizais e o palmito deixou de ser o foco da produção, dando lugar ao fruto do açaí. Hoje, o açaí ganha cada vez mais mercados no Brasil e no exterior (ENRÍQUEZ; SILVA; CABRAL, 2003 apud AZEVEDO, 2005), e é um dos principais produtos da renda dos ribeirinhos e um item importante da alimentação da população local, como o peixe e a farinha que são os produtos mais consumidos.

No ecossistema amazônico, a grande quantidade de rios e de áreas de várzeas, favorece o crescimento de açaizeiros. A concentração desta palmeira faz do Pará o maior produtor de açaí e de palmito com 1.274.056 toneladas anuais (dado de 2017) do fruto de açaí e 1.743 toneladas de palmito (IBGE, 2018).

A produção do palmito se destina principalmente à exportação, enquanto o açaí fruto é voltado principalmente para o mercado interno do Pará. O consumo do açaí no Estado chega a 0,34/habitante/dia, acompanhando principalmente a farinha de mandioca, o peixe ou o camarão (AZEVEDO, 2005).

Como a demanda interna continuou aumentando, os ribeirinhos começaram a desenvolver práticas para aumentarem sua produção (ANDERSON et al. (1985), ANDERSON e IORIS (2001) e GROSSMANN et al (2004) apud AZEVEDO, 2005). Segundo os autores, os extrativistas retiram algumas plantas e estipes para diminuir a competição e melhorar a produção do açaí fruto, obtendo também como subproduto o palmito do açaí. Complementarmente a essa prática, também fazem a plantação de mudas em lugares onde não há açaí.

A diversidade de espécies, a não utilização de agrotóxicos ou fertilizantes, e a extração controlada de palmito, faz com que a produção tenha baixo impacto no ecossistema. Pelo manejo orgânico, até recebem certificado e ganham importância no mercado, muito valorizado mundialmente (CAPORAL; COSTABEBER, 2000 apud AZEVEDO, 2005).

Os sistemas familiares agroextrativistas de açaí do município de Cametá, garantem a conservação da floresta, que segundo (GLIESSMAN, 2001 apud BATISTA, 2013), cria um agroecossistema que seria “uma unidade produtiva individual sustentável e semelhante aos ecossistemas naturais”. Para reforçar esse aspecto, o trabalho de Batista (2013), que contou com entrevistas de 52 ribeirinhos do rio Tocantins, demonstrou que 98% deles encontravam-se em conformidade com a legislação ambiental em relação às áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente. Nessas áreas, poucos produtos agrícolas são comercializados e a maioria das espécies cultivadas ou preservadas são para consumo familiar e preservação da floresta (BATISTA, 2013).

Na região do Baixo Tocantins, os municípios de Baião, Mocajuba, Cametá, Limoeiro do Ajuru e Igarapé Miri existem grandes áreas de várzeas e arquipélagos que favorecem o extrativismo vegetal e a pesca, e limitam a agricultura (CARDOSO et al., 2005 apud BATISTA, 2013). Nessas áreas, o açaí é explorado por seu valor econômico, ambiental e cultural e, encontrado de forma isolada ou associado a buritizeiros, cacaueiros ou cupuaçuzeiros. Pode-se notar a presença de muitas casas com açaizais no quintal devido a utilização na alimentação da população, como mostra a Figura 1. A valorização do fruto contribui para a conservação dos açaizais e dos ecossistemas de várzea onde ocorre o açaí.

Figura 1 - Açaizais no quintal das casas no município de Mocajuba, PA.



Fonte: Fototeca INPE, 2017.

3.5 Técnicas de Sensoriamento Remoto para a Classificação do uso e cobertura da terra

O processamento digital de imagem compreende um conjunto de técnicas de análise de dados multidimensionais que podem ser adquiridos por diferentes sensores. Tem como objetivo melhorar o aspecto visual para interpretação humana, extrair dados de forma automática e subsidiar diversos tipos de análises espectrais, visando à identificação e discriminação dos alvos de interesse (INPE, 2006).

As imagens obtidas em um sensor são convertidas em Números Digitais (ND) de cada pixel que representam sua radiância (energia eletromagnética refletida de cada alvo). Esse ND é resultado de uma média da radiância dos alvos que compõe cada porção de superfície observada (pixel), com resolução espacial específica, que varia a cada sensor. Em um pixel, como no caso do OLI/Landsat (30 X 30 m) ou PAN10/CBERS (10 x 10 m), há uma mistura dos alvos, de água, solo e vegetação. Esse fenômeno é chamado de mistura espectral (SHIMABUKURO, 2017).

Uma imagem de sensoriamento remoto contém muitas informações, e para extraí-las é necessário utilizar métodos de análises e classificação. O resultado desse processo é uma imagem

com pixels classificados representando classes de uso e cobertura da terra. A classificação é um procedimento de rotulagem que extrai informações estatísticas das imagens de satélite para determinar padrões, objetos parecidos e semelhanças espectrais (RICHARS, J., XIA, J., 2006) e utilizar essas informações para mapear feições de interesse (INPE, 2006).

Há diversas técnicas de classificação, as que foram usadas neste projeto são: classificação por pixel (Maxver) e por região (Bhattacharya), sendo ambas supervisionadas.

A classificação supervisionada se baseia no uso de algoritmos para a rotulagem dos pixels. Este processo inclui as seguintes etapas: decisão das classes a serem atribuídas a imagem; escolha de amostras representativas das classes por meio de imagem de resolução espacial mais fina ou registros de campo; estabelecimento de parâmetros para o classificador; identificação da assinatura das classes de interesse; classificação propriamente dita; produção de mapas temáticos, e; avaliação do produto final (RICHARS, J., XIA, J., 2006).

É preciso reforçar que a amostragem é uma etapa de grande importância na classificação. As amostras devem ser o máximo homogêneas possível, e toda a faixa de variabilidade da classe deve ser incluída (RICHARS, J., XIA, J., 2006).

Para a redução da dimensionalidade dos dados e melhoria do desempenho da classificação podem ser utilizadas imagens frações obtidas por um modelo linear de mistura espectral. Este modelo representa os pixels puros de solo, vegetação e sombra e, com base na proporção, cada fração é estimada diante da resposta espectral de cada alvo, possibilitando que os alvos sejam mapeados com o uso de algoritmos de classificação. Este modelo tem sido aplicado nos programas PRODES, TerraClass e DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real) do INPE (SHIMABUKURO, 2017).

A classificação por pixel utiliza a informação espectral de cada pixel para classificar regiões homogêneas, enquanto a classificação por região utiliza informações de um conjunto de pixels (amostras) para o treinamento do classificador, neste caso, os pixels são agrupados a partir de medidas de área e similaridade (MENESES, 2012) que envolve a relação com os pixels vizinhos também. Pode-se aplicar após a etapa de classificação por pixel, uma pós-classificação, com o intuito de eliminar pixels isolados.

A classificação não-supervisionada requer pouca participação do analista, normalmente é usada quando não se tem informações suficientes sobre os alvos, ou para fazer uma classificação

inicial da imagem. Já a classificação supervisionada requer conhecimento dos alvos e coleta de dados amostrais representativos para distinguir as classes (MENESES, 2012).

Diferentemente dos métodos convencionais em que os pixels são classificados individualmente, na classificação orientada ao objeto, os pixels são primeiramente agrupados em objetos que são classificados não só de acordo com a assinatura espectral, mas também com relação a sua forma, textura e tamanho (BHASKARAN, S., 2010 apud FRANCO, 2013). Devido a isso, a segmentação do mapa é importante para dividi-lo em regiões homogêneas de pixels e, em seguida, para analisar suas características espectrais. Usualmente neste processo da classificação são realizadas as seguintes etapas: segmentação, seleção de amostras, criação de rede hierárquica e classificação orientada a objeto.

Para validar uma classificação, um método muito utilizado é a matriz de confusão. Em forma de tabela, ela organiza e analisa a *performance* da classificação. Confronta o número de pontos observados e considerados corretos (dados de referência) e a quantidade de pontos classificados. Normalmente nas colunas estão as classes de referência e nas linhas estão as classes obtidas no mapeamento. Na diagonal ficam os pontos classificados corretamente, então, valores altos da diagonal, indicam uma boa *performance* da classificação.

Para avaliar a assertividade de cada classe, entre outros métodos, calcula-se os erros de omissão e comissão. O erro de comissão é a inclusão de um pixel a uma classe que ele não pertence e é calculado pela razão entre o número de amostras classificadas de maneira errada e o total de amostras classificadas na classe. E o erro de omissão é a exclusão de um ponto a uma classe a qual ele pertence e é calculado pela razão entre o número de amostras classificadas de maneira correta e o número de unidade que pertencem a esta classe. Os dois medem a confiabilidade de uma classe corresponder a verdade de campo (ESCADA, 1998).

Além desta análise, há o Índice de Concordância Kappa (FRANCO, 2013) e a exatidão global para avaliar os resultados obtidos na matriz de confusão. O índice Kappa, que é uma medida global, avalia o quanto as classes temáticas estão de acordo com os dados de referência (dados de campo ou de mapeamento). Os valores variam de -1, 0 e 1, com o maior valor representando a maior precisão temática (FIGUEIREDO, G., VIEIRA, C., 2007). Já a exatidão global é a divisão da soma da diagonal principal pelo número de amostras coletadas mostrando a assertividade geral das classes.

3.6 O HAND - Height Above the Nearest Drainage

O Modelo de Elevação Digital do SRTM possibilita obter dados de relevo não visíveis nas imagens de satélite (FERNANDES; VALERIANO, 2013; SANTOS; JUSTINA; FERREIRA, 2012 apud PINHEIRO et al, 2015). O HAND foi desenvolvido para normalizar o MDE (Modelo Digital de Elevação) e utiliza como referência a drenagem mais próxima da elevação (RENNÓ et al., 2008).

O HAND é um algoritmo descritor do terreno denominado Height Above the Nearest Drainage (HAND) (RENNÓ et al, 2008). Com este descritor, é possível extrair informações hidrológicas de uma região e analisar características importantes do relevo local, visto que as unidades geomorfológicas, como os baixios e áreas de várzeas, diferem consideravelmente das áreas de vertentes e de terra firme em relação às condições de saturação do solo.

O HAND estima a diferença de altura relativa entre cada pixel da imagem e o ponto de drenagem mais próximo associado a um curso d'água. Baseado nestas medidas, os pixels similares podem ser agrupados em zonas equiprováveis, considerando seu potencial hidrológico, produzindo grades e/ou mapas com significado ecológico e geomorfológico (RENNÓ et al, 2008).

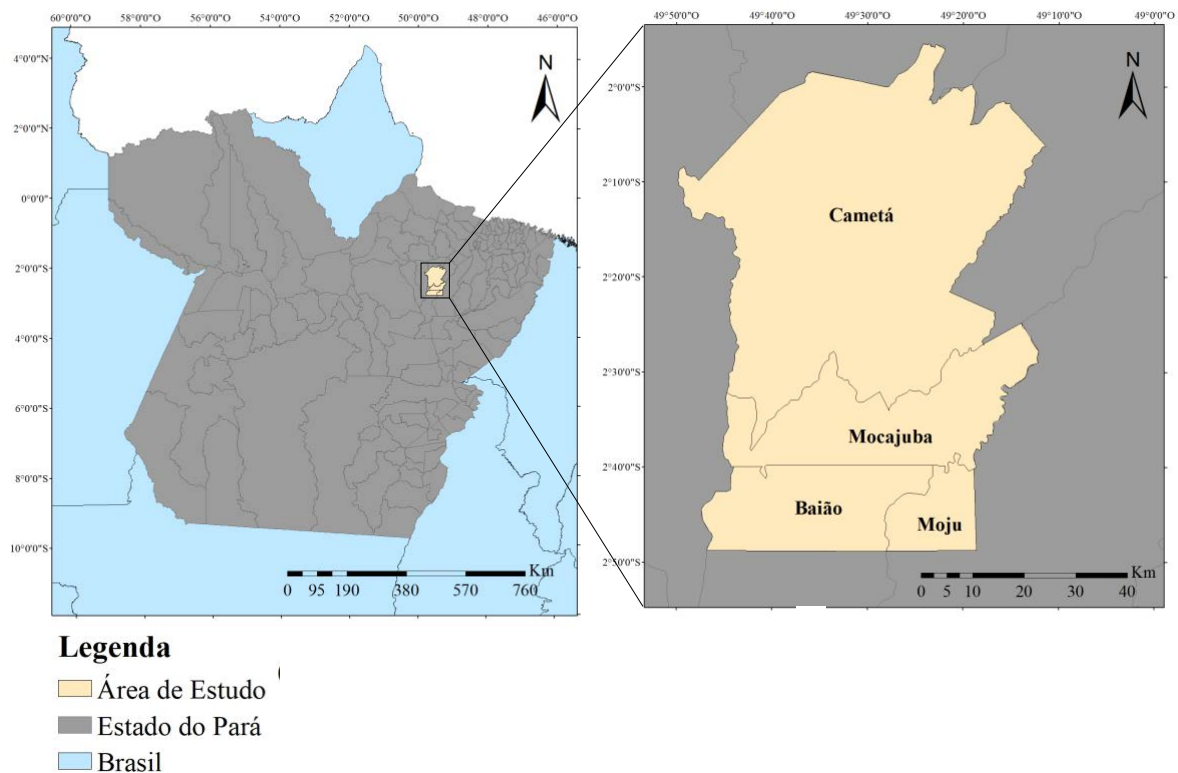
A distância vertical à drenagem mais próxima se relaciona com a profundidade do lençol freático e disponibilidade de água no solo. Quanto menor a distância, maior o indicativo de que o lençol está próximo a superfície, e que o solo se encontra mais saturado (INPE, 2017). Os dados extraídos do HAND referem-se ao desnível, e são calculados a partir da topografia do MDE do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) (RENNÓ et al, 2008). Para gerar os dados da grade, a drenagem de referência e um limite referente à área de contribuição mínima são definidos. Quanto menor esse limiar, mais drenagens menores serão incluídas no mapeamento (INPE, 2017). O HAND é calibrado para florestas não perturbadas em um tipo específico de relevo, portanto, fora destas condições o algoritmo precisa de ajustes.

As informações do HAND têm grande potencial para subsidiar estudos que tem como foco a análise dos principais fatores que controlam as modificações estruturais e fisionômicas da paisagem, as relações entre disponibilidade hídrica e ocorrência de espécies, como é o caso deste trabalho, estimativas de biomassa acima do solo e auxiliar no estudo e manejo de conservação.

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo envolve os municípios de Mocajuba, Cametá, e parte dos municípios de Baião e Moju, na região do Baixo Tocantins, no Nordeste do Pará. É nessa região que se localiza o maior polo brasileiro de produção de açaí (*Euterpe oleracea*), como uma forma de exploração sustentável, gerando renda e emprego às famílias locais (ALMEIDA, 2010). O foco de interesse desse trabalho é nos municípios de Cametá e Mocajuba, entretanto, para abranger uma maior diversidade de usos e coberturas da terra, foi incluída parte das áreas dos municípios de Baião e Moju.

Figura 2 - Mapa político do Estado do Pará e a área de estudo, os municípios de Mocajuba, Cametá, e parte de Baião e Moju.



Fonte própria.

Os municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju são vizinhos e localizam-se na região nordeste do estado do Pará, no Baixo Tocantins, como mostra a Figura 2. Mocajuba tem uma área

de 871 km², e contava com uma população de 29.731 pessoas em 2010. O município de Cametá, vizinho ao de Mocajuba, compreende uma área de 3.081 km², e contava com uma população de 120.896 habitantes em 2010. O município de Baião compreende uma área de 3.758 km² e uma população de 36.882 habitantes contabilizados no último censo, enquanto Moju, tem uma área de 9.094 km² com uma população de 70.018 em 2010 segundo dados do IBGE (2018).

A população rural desses municípios ocupa três áreas distintas: áreas de terra firme, áreas de várzea nas margens dos rios e a região das ilhas. Na primeira, predomina o cultivo da mandioca para a produção de farinha; enquanto nas ilhas e nas várzeas dos rios, o açaí desponta como a principal produção (ALMEIDA, 2010). A maior parte do terreno dessas ilhas é de várzea e de áreas baixas, sujeitas a alagamento, condições ideais para a ocorrência do açaí.

Em Mocajuba a produção de açaí tem apresentado um aumento significativo nos últimos anos, passou a produzir de 3.595 toneladas de frutos de açaí, em 2004, para 7.590 toneladas em 2015, de acordo com os dados do IBGE de Produção da Extração Vegetal e Silvicultura de 2015 (IBGE, 2016). Além do açaí, as maiores produções agrícolas de Mocajuba são de cacau, pimenta-do-reino e mandioca, com áreas plantadas de 1.100 ha, 469 ha e 800 ha, respectivamente (Produção Agrícola Municipal - PAM, IBGE, 2017). Em relação ao efetivo bovino os dados da PPM (Produção Pecuária Municipal – IBGE, 2017) mostram que houve um grande decréscimo desde 2005 passando de 8.821 cabeças para 1.384 em 2015.

Em Cametá, os dados do PAM e PPM mostram que as culturas mais significativas na região são, atualmente, cacau e mandioca. O cacau ocupava 5.610 ha em 2004 e aumentou gradativamente para 6.346 ha em 2013. A área plantada de mandioca também aumentou nesse período, passando de 2.000 ha 2004 para 7.000 ha em 2014. Porém, em 2015 foram contabilizados apenas 3.000 ha. As culturas secundárias são pimenta-do-reino, arroz, milho e feijão com cerca de 550, 250, 150 e 180 ha, respectivamente. Em relação ao efetivo bovino, como em Mocajuba, houve também um decréscimo do rebanho, em 2005 o rebanho efetivo era de 1.893 cabeças e em 2015, passou para 980 cabeças.

Em Baião, a produção de açaí teve um grande aumento de 2015 para 2016, de 840 para 2.268 toneladas de frutos de açaí, enquanto sua extração representou 980 toneladas em 2017. Quanto às outras culturas, são relevantes as produções de pimenta-do-reino, arroz e milho, com uma área plantada em 2016 de 1.340, 1.250 e 1.250 ha, respectivamente, segundo dados do IBGE de Produção Agrícola (2018). A produção de cacau é menor, apresentando 260 ha plantados. Em

relação ao efetivo bovino, o município mantém um grande contingente, em torno de 70 mil cabeças, desde 2011 (IBGE, 2018).

Por fim, em Moju, a produção de açaí é grande quando comparado com os outros municípios, sua produção em 2015 foi de 17 mil toneladas, e em 2016, de 26 mil toneladas com área plantada de 4.000 ha (IBGE, 2018). Porém, o extrativismo do fruto do açaí representa bem menos, 120 toneladas. As outras grandes produções agrícolas do município incluem o dendê e o coco-da-baía com 7.700 e 7.093 ha de área plantada, respectivamente, em 2017, mantendo-se nesse valor desde 2013. Quanto ao efetivo bovino, o município de Moju teve um aumento em relação a 2014, de 47.000 cabeças para 80.756 cabeças em 2017 IBGE (2018).

Tabela 1 – Dados de produção agrícola e Efetivo Bovino dos municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju.

Município	Produção de Açaí de Várzea (Tonelada)		Produção de Açaí de Terra firme (Tonelada)		Área agrícola plantada: Cultura de pequena escala (ha)*		Área agrícola plantada: Cultura de larga escala (ha)**		Efetivo Bovino (nº de cabeças)
	2004	2015	2004	2015	2004	2015	2004	2015	2017
Cametá	-	-	-	120000	8310	9836	233	800	493
Mocajuba	3595	7590	-	4048	2055	2394	450	250	936
Baião	725	886	-	840	1130	2140	2230	260	70000
Moju	331	120	-	17000	2740	4170	16968	15943	80.756

* Soma das áreas de produção de mandioca, cacau e pimenta-do-reino

** Soma das áreas de produção de arroz, feijão, milho, coco-da-baía e dendê

Fonte própria.

5 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Para a realização do trabalho foram utilizados dados de sensoriamento remoto, dados cartográficos e dados temáticos. Esses dados são listados na Tabela 2. Para o processamento dos dados espaciais e imagens foram usados os seguintes softwares: Spring 5.3, ArcGis 10.3, QGis 2.18, TerraView 5.2.4, Google Earth Pro e eCognition.

Tabela 2 – Dados utilizados na pesquisa.

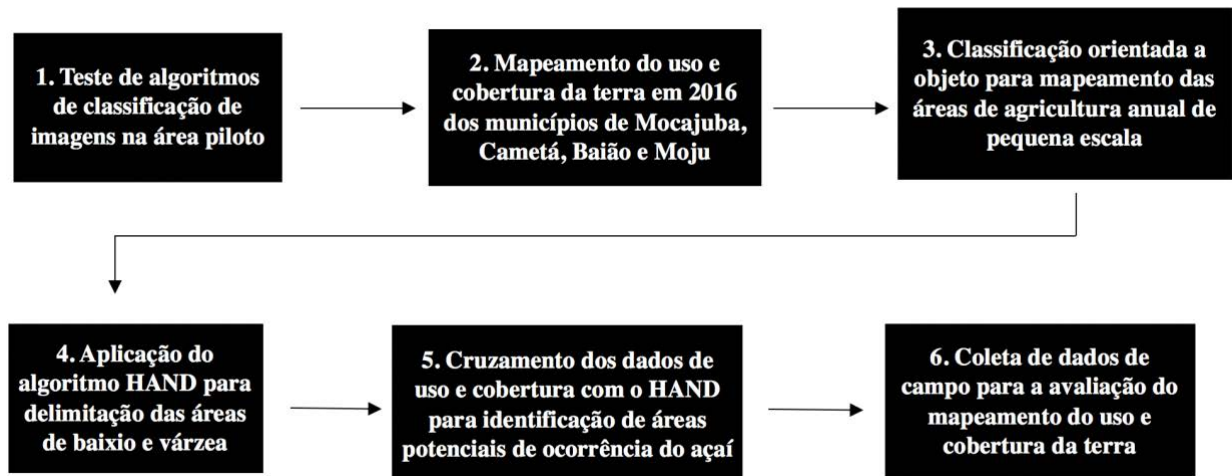
Tipo	Dado	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Espectral	Ano	Fonte
Dados de Sensoriamento Remoto	Imagens do OLI/Landsat-8	30 m	16 dias	9 bandas	2016	INPE
	Imagens PAN10/CBERS-4	10 m	26 dias	4 bandas	2016	INPE
Dados Cartográficos	Divisão Política Municipal	-	-	-	2013	IBGE
	Modelo de Elevação Digital – SRTM	30 m	-	-	2000	USGS
Dados Temáticos	Desmatamento do Prodes	-	-	-	2016	INPE

Fonte própria.

A metodologia deste trabalho consistiu em 6 etapas. Na etapa inicial, testes foram realizados em uma área piloto para avaliar o desempenho dos algoritmos de classificação em diferentes tipos de imagens (Landsat e CBERS) do ano de 2016. Em seguida, após a escolha do algoritmo e da imagem com base no desempenho de cada um e na análise de matrizes de erro, a classificação foi ampliada para toda a área de estudo. As classes Não-floresta, Floresta, Hidrografia, Vegetação Secundária Avançada, Vegetação Secundária Inicial e Outros foram mapeadas. A classe agricultura de pequena escala foi mapeada separadamente a partir de um classificador orientado a objeto, para a área piloto, e depois a essa operação foi ampliada para área de estudo toda e avaliada com imagens de resolução espacial mais fina. Para obter áreas potenciais de ocorrência de açaí foram cruzados, em um SIG (Sistema de Informações Geográficas), os dados de uso e cobertura da terra resultantes da classificação, com as áreas de baixo e ecótono obtidas

com o algoritmo HAND. Esses dados foram avaliados segundo dados de campo. Essas etapas são detalhadas nas seções a seguir.

Figura 3 - Fluxograma com as etapas seguidas na pesquisa.

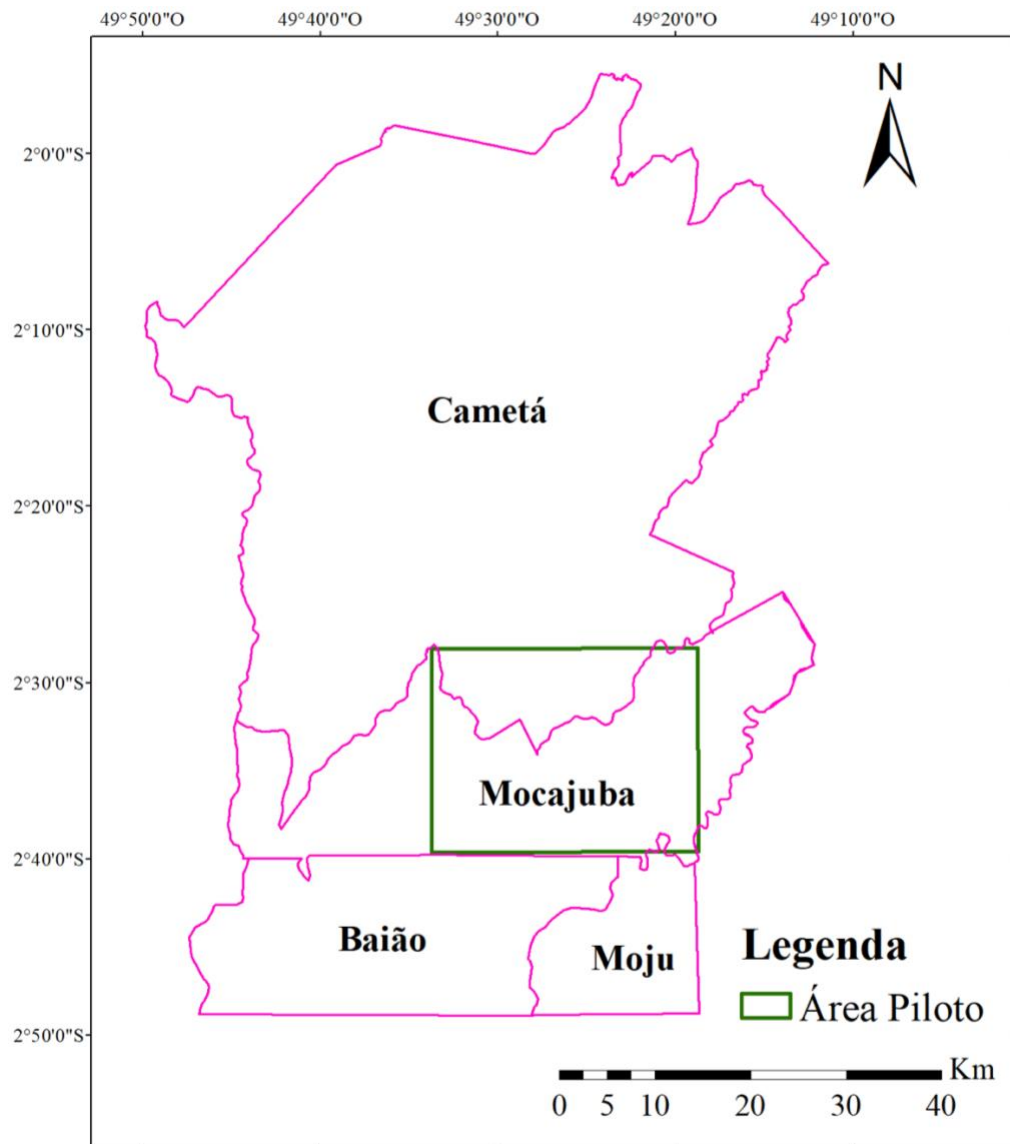


Fonte própria.

5.1 Teste de algoritmos de classificação de imagens na área piloto

A área piloto foi escolhida por sua representatividade em relação às classes de uso e cobertura da terra mapeadas neste projeto. Essa área tem o tamanho de 60.000 ha e situa-se no município de Mocajuba e parte de Cametá, como mostra a Figura 4. A área apresenta grande diversidade de classes de uso e cobertura da terra, como áreas desmatadas, agricultura, floresta, dentre outras.

Figura 4 - Área piloto escolhida para o projeto.



Fonte própria.

Nesta etapa foi testado o desempenho da classificação do uso e cobertura da terra do ano de 2016, realizada com imagens provenientes de dois sensores, OLI/Landsat e PAN10/CBERS, escolhidas devido a facilidade de acesso e por serem gratuitas. Foram realizados testes com três algoritmos de classificação. Foram testados dois classificadores supervisionados, um por pixel (MaxVer) e um por regiões (Bhattacharya). Além disso, foi testada a metodologia do TerraClass, que é realizada em etapas e se inicia com a geração de um Modelo Linear de Mistura Espectral

para a obtenção da imagem fração vegetação. Essa imagem é utilizada para classificar áreas de vegetação secundária a partir do estabelecimento de limiares e do fatiamento da imagem fração.

Para a imagem OLI/Landsat as bandas utilizadas foram 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio) e para a imagem PAN10/CBERS foram as bandas 2 (verde), 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo). Para todas as imagens, primeiro é aplicada uma técnica de realce de contraste linear para melhorar a visualização dos níveis de cinza referente aos alvos de interesse (INPE, 2006). Em seguida, há uma fase de aquisição de amostras que envolveu os mais variados alvos para dar maior consistência a classificação. Por fim, foi feita análise das amostras, segundo o classificador, e o mapeamento das classes (COUTINHO, 1998).

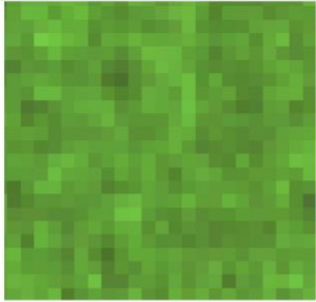
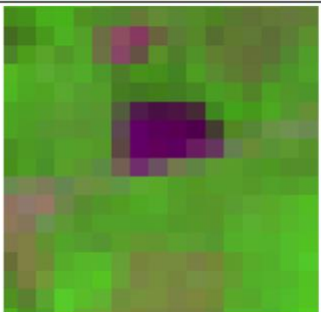
Na classificação por pixel foi utilizado o classificador MaxVer (Máxima Verossimilhança), com limiar de 99%. Este algoritmo, por meio de técnicas estatística, pondera as distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes dos pixels. Para isso, é necessária uma quantidade relativamente grande de amostras para o cálculo da dispersão das classes (INPE, 2006).

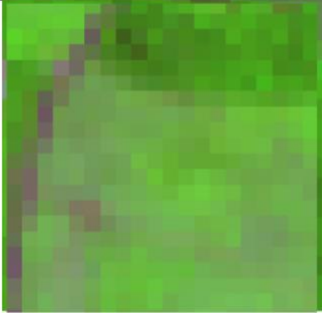
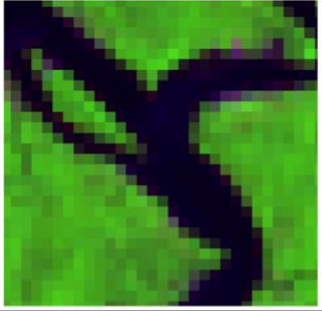
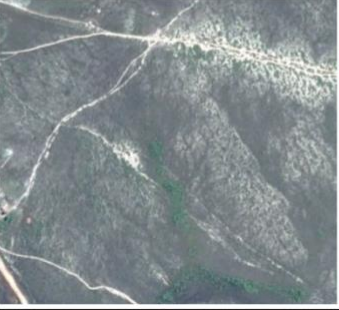
A classificação por regiões requer um processamento anterior a classificação nas imagens, a segmentação. É um processo de análise dos pixels da imagem de forma isolada e que, a partir de limiares de similaridade e de área, divide a imagem em regiões uniformes que serão as áreas de interesse da classificação. Os limiares para a imagem CBERS foram 10 para similaridade e 20 de área, e para a imagem Landsat foram 10 para similaridade e 5 para área. Foi utilizado o algoritmo por regiões, distância de Bhattacharya, com limiar de 99%, o qual mede a distância média entre as distribuições de probabilidade das classes, envolvendo a informação dos pixels e seus vizinhos, gerando áreas mais contínuas do que os classificadores por pixel.

Por último, foi testada a metodologia utilizando imagens fração geradas por um modelo linear de mistura espectral, que estima a proporção de solo, sombra e vegetação dentro de um pixel e indica qual é a fração mais representativa. Para isso, foram coletados pixels puros de cada elemento (solo, sombra, vegetação) para geração das três imagens fração. Foi realizado, no mapa da fração vegetação, um fatiamento das classes desejadas com a avaliação dos limiares com dados de campo e imagens de resolução espacial mais fina. As classes mapeadas foram: Vegetação Secundária Avançada, Vegetação Secundária Inicial e Outros. As classes Floresta, Não-floresta e Hidrografia foram obtidas dos dados do PRODES de 2016 e utilizadas como uma máscara e depois sobrepostas a classificação gerada.

A coleta de amostras baseou-se no uso da chave de classificação da Tabela 3, utilizada para padronização das amostras.

Tabela 3 - Chave de classificação comparando a imagem OLI/Landsat R4G5B6 e imagens do Google Earth.

Classe	Amostra visual	Imagem Google	Cor em falsa cor	Forma e tamanho	Textura
Vegetação Secundária Avançada /Floresta			Verde	Regular e irregular, áreas extensas	Rugosa
Vegetação Secundária Inicial			Verde	Regular e irregular, áreas pequenas	Lisa
Outros			Roxo/rosa bem escuro	Regular, formas pequenas	Lisa
Outros			Magenta	Regular	Rugosa

Outros			Verde claro	Regular	Lisa
Hidrografia			Preto/Azul	Regular, áreas extensas	Lisa
Não-Floresta			Roxo/rosa	Regular e irregular, áreas extensas	Rugosa

Fonte própria.

A classe de Vegetação Secundária Avançada representa áreas que depois de desmatadas ou utilizadas para agricultura, encontram-se em estado avançado de regeneração florestal, arbustiva ou arbórea. Essas áreas, dependendo de sua localização, se estão em áreas de várzea ou de baixio, tem grande possibilidade de apresentar açaizais.

As áreas de Vegetação Secundária Inicial foram classificadas e retiradas das análises por se encontrarem em estado inicial de regeneração florestal, com poucas chances de ocorrência de açaí, como observado em campo, apresentando uma textura mais lisa nas imagens de satélite. A classe Outros englobou outros alvos que não são de interesse para este estudo, como manchas urbanas, estradas, áreas desmatadas, pastos, etc. Esta classe é importante para discriminar usos e coberturas da terra eliminando áreas em que a ocorrência de açaí é improvável.

A classe Floresta obtida com o dado do PRODES de 2016 representa frações florestais de mata nativa avançada, enquanto a classe Não-floresta indica áreas de campos, com solo arenoso, bem característicos dessa região, denominados localmente como “campos da natureza”, com predomínio de vegetação herbácea e gramíneas e pouca vegetação arbustiva e arbórea.

Imagens de resolução espacial mais fina do Google Earth foram utilizadas para avaliação da classificação como dado de referência para a elaboração de matrizes de confusão, análise das classes e cálculo do índice Kappa.

5.2 Mapeamento do uso e cobertura da terra em 2016 dos municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju

Após a análise dos resultados das classificações das imagens, o mapeamento foi ampliado para toda a área de estudo, que envolve os municípios de Mocajuba, Cametá, Baião e Moju. O algoritmo e a imagem que apresentaram o melhor desempenho na etapa 1 foram utilizados para realizar o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra para os quatro municípios. Para avaliação da classificação da área foram utilizados dados de campo como referência e uma matriz de confusão para avaliação da exatidão global e do índice Kappa.

5.3 Classificação orientada a objeto para mapeamento das áreas de agricultura anual de pequena escala

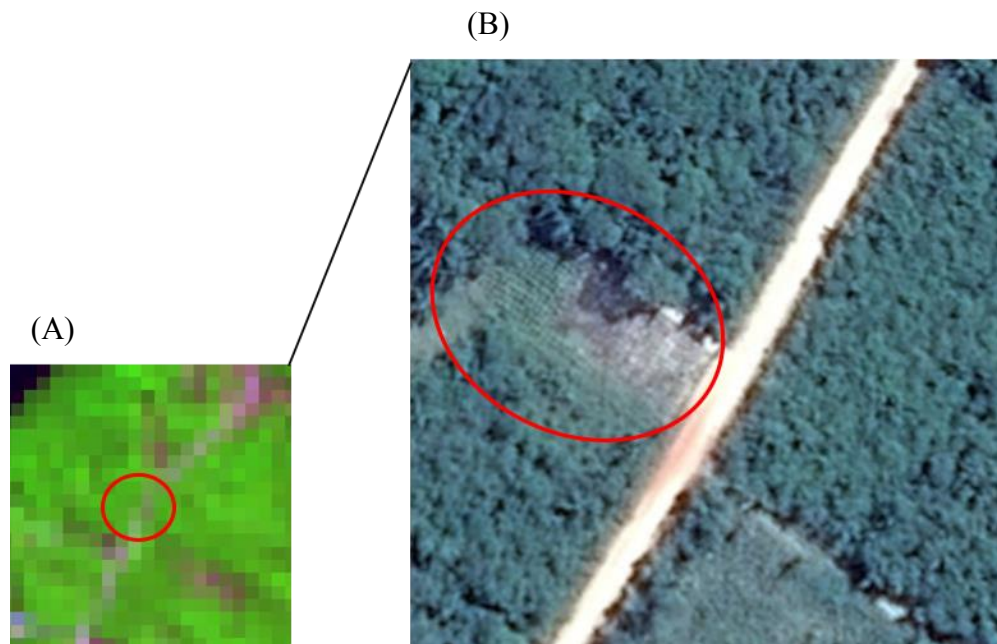
Nesta etapa, utilizou-se o software eCognition para a classificação orientada a objetos das áreas de agricultura de pequena escala na imagem OLI/Landsat, cujas bandas utilizadas foram 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho médio). A metodologia utilizada foi desenvolvida por Souza et al. (2018). Esta classe foi adicionada ao mapa de uso e cobertura da terra devido a sua importância no contexto regional. Representa áreas pequenas de cultura de mandioca e pimentado-reino, principalmente, para consumo familiar ou para complementação da renda.

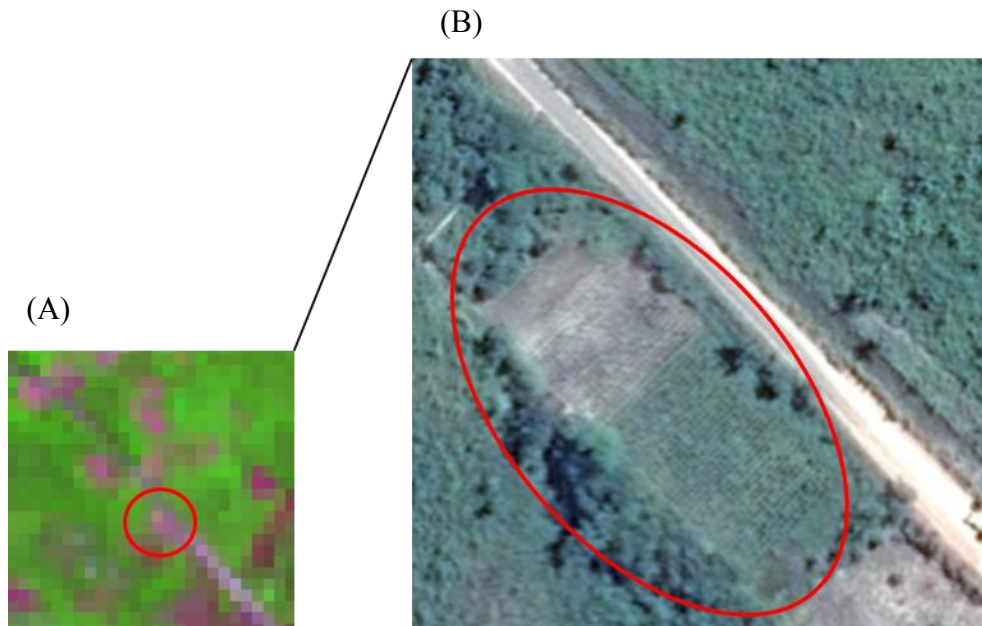
Neste processamento, a segmentação realizada foi Multiresolução aplicada na imagem de satélite já com contraste aplicado, com o objetivo de minimizar a heterogeneidade e maximizar a homogeneidade entre os pixels. Feita a segmentação, as amostras de agricultura de pequena escala foram coletadas para a treinamento do classificador escolhido, Vizinho mais Próximo (FRANCO,

2013). Para coleta das amostras foram utilizados dados de campo seguindo a chave de classificação da Tabela 3 com verificação no Google Earth Pro. O classificador Vizinho mais Próximo leva em consideração parâmetros escolhidos pelo operador. Neste caso foram, brilho e média das bandas espectrais, textura, forma, compacticidade, espessura, desvio padrão, densidade, comprimento e largura. Por fim, é realizada a classificação das regiões.

Na Figura 5 são apresentadas comparações entre imagens OLI/Landsat e do Google Earth mostrando como as áreas de agricultura anual de pequena escala aparecem na imagem de satélite. São áreas muito pequenas, a maioria das vezes, próximas da estrada ou em áreas mais distantes inseridas nas manchas de Vegetação Secundária Avançada e com característica e formas bem definidas. Por essa razão foi escolhido um classificador orientado a objeto que, além da informação espectral, considera outros parâmetros de forma e tamanho.

Figura 5 - Comparação entre (A) imagem OLI/Landsat R4B5G6 e (B) imagem do Google Earth.





Fonte própria.

5.4 Aplicação do algoritmo HAND para delimitação das áreas de baixio e várzea

O algoritmo HAND, implementado no TerraHidro (INPE, 2015), foi utilizado para a delimitação de áreas de baixio e várzeas, ecótono e platô (RENNÓ et al, 2008). Foram utilizadas imagens provenientes do SRTM na área de estudo para a extração da drenagem, cálculo das direções da drenagem e da contribuição de cada ponto na drenagem. Em seguida foram delimitadas as bacias e o ponto de descarga da drenagem. Com isso, foram definidas as alturas de cada ponto relativas às drenagens mais próximas. A partir da análise das imagens e dos dados de campo foram definidos limiares para separar as áreas de várzeas, baixios e ecótonos associados a possibilidade de ocorrência do açaí.

As áreas de baixio equivalem as áreas de ilha, igarapés, onde os solos são úmidos ou encharcados, as áreas de ecótono são áreas transição, podendo ser úmidas em algumas regiões, principalmente influenciadas pela sazonalidade do rio e, por fim, as áreas de platô são as áreas de terra firme, mais altas e com solos secos.

5.5 Cruzamento dos dados de uso e cobertura com o HAND para identificação de áreas potenciais de ocorrência do açaí

Para construir uma representação espacial, a partir de um indicador de potencial ocorrência de açaí, foi feito o cruzamento dos dados de uso e cobertura da terra classificados obtido na etapa 3, com o dado HAND fatiado, obtido na etapa 4, por meio de uma operação booleana, seguindo as regras descritas na Tabela 4.

Esta é uma operação de álgebra de mapas, implementada pela Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) possibilita seguir as regras estabelecidas pelo operador com as condições para a definição de cada classe e as aplica nos planos de informação de entrada utilizando seus atributos espaciais e não espaciais (INPE, 2006).

O mapa de classificação de uso e cobertura gerado na etapa 3 foi reclassificado para posterior cruzamento com os dados do HAND. As classes Agricultura de Pequena Escala, Vegetação Secundária Inicial e Não-floresta, geradas nesta etapa, foram agregadas a classe Outros, já que possuem poucas ou nenhuma chance de conterem açaí.

No procedimento algébrico, foi utilizado o software Spring, e as áreas foram classificadas como: 1. área de alto potencial de ocorrência de açaí, que são as áreas que apresentaram sobreposição com as classes de Vegetação Secundária Avançada (VSA) e/ou Floresta primária (FTA), com áreas de baixio (BA) ou ecótono (EC); 2. áreas de Vegetação Secundária Avançada (VSA) ou Floresta (FTA) que apresentaram sobreposição com áreas de platô (PL) ou com as áreas classificadas como Outros, que foram remapeadas para a classe baixo potencial de ocorrência do açaí.

Tabela 4 - Operação realizada por álgebra booleana.

Classes	Operação
Alto potencial de ocorrência de açaí	Se [VSA e BA] ou [VSA e EC] ou [FTA e BA] ou [FTA e EC]
Baixo potencial de ocorrência de açaí	Se [VSA e PL] ou [FTA e PL] ou [OTR e BA] ou [OTR e EC] ou [OTR e PL]

Legenda:

VSA: Vegetação Secundária Avançada

FTA: Floresta primária

OTR: Outros

BA: Baixo

EC: Ecótono

PL: Platô

Fonte própria.

Com relação às ilhas do rio Tocantins, conforme observado na atividade de campo, todas elas em quase toda a sua extensão (exceto em áreas que não apresentam fisionomia florestal – não floresta) apresentam açaizais, portanto, foi elaborada uma máscara de cobertura florestal das ilhas e atribuídas a elas a classe de alto potencial de ocorrência do açaí.

5.6 Coleta de dados de campo para a avaliação do mapeamento do uso e cobertura da terra

Para avaliação dos resultados da pesquisa foram utilizados dados de campo coletados no período de 17 a 22 de dezembro de 2017 e dados de resolução espacial mais fina, cuja avaliação foi realizada a partir da elaboração de matrizes de confusão.

Uma expedição de campo foi realizada no município de Mocajuba e parte do município de Cametá e Baião, para levantar informações do uso e cobertura da terra e sobre as áreas de produção de açaí, assim como, para coletar dados para avaliar o produto gerado com o HAND. Para a coleta de dados foram utilizados GPS, registros fotográficos georeferenciados, roteiros para entrevistas com os produtores rurais. Foram coletadas informações sobre o extrativismo, produção de açaí em

terra firme e as atividades relativas à agricultura de pequena escala. Pontos de dúvida e feições de interesses foram previamente levantados para serem verificados durante a visita de campo.

Para análise das classes de uso e cobertura da terra foram levantados pontos para verificação de feições relativas a Floresta, Vegetação Secundária Avançada ou Vegetação Secundária Inicial. A imagem classificada é do ano de 2016 e o campo foi realizado em 2017, por essa razão, não foi possível fazer uma validação completa do mapeamento. Mas o dado de campo possibilitou conhecer o contexto local e realizar uma avaliação, a partir dos pontos coletados e de entrevistas com os produtores rurais, que forneceram informações sobre o ano de plantio de determinadas culturas e sobre as atividades de uso da terra.

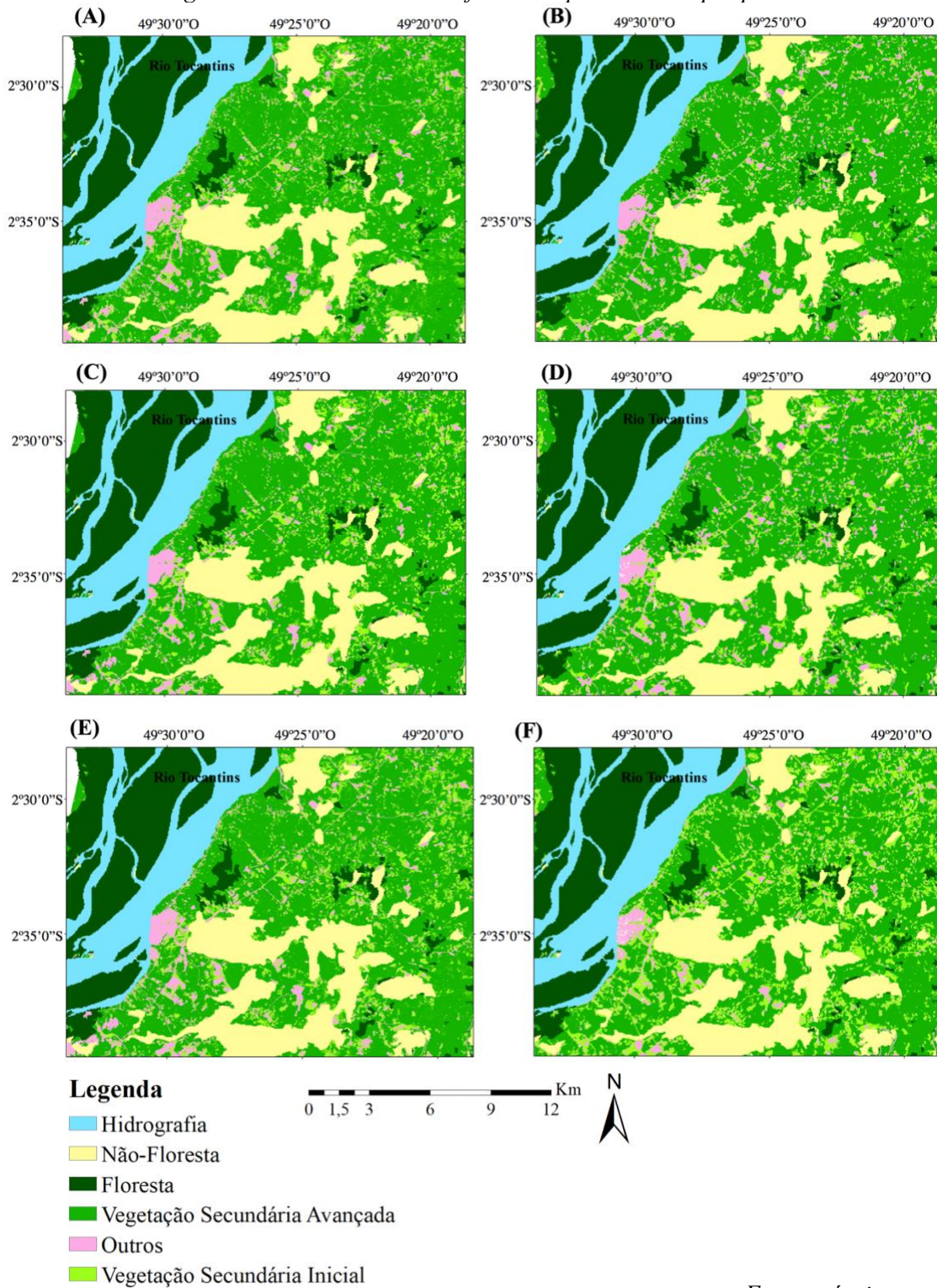
6 ANÁLISES E RESULTADOS

Os resultados obtidos e apresentados nessa seção incluem os resultados da seleção da área piloto, dos testes com os algoritmos de classificação e com imagens de sensoriamento remoto, para a classificação de classes de uso e cobertura da terra, e mapeamento das áreas potenciais de açaí. Adicionalmente são apresentados os resultados dos testes realizados com os algoritmos de classificação e os resultados obtidos com o processamento do algoritmo de HAND nas imagens SRTM, para o mapeamento da altitude relativa da área de estudo. Esse mapeamento foi avaliado com dados coletados em campo utilizados como referência para avaliação dos mapeamentos e dos produtos gerados pelo HAND. Nesta seção são apresentados, ainda, os resultados da avaliação dos algoritmos e imagens, a partir dos mapas gerados. Por último são apresentados os resultados do cruzamento dos dados de classificação de uso e cobertura da terra com os dados HAND para obtenção das áreas potenciais de ocorrência dos açaizais.

6.1 Teste de algoritmos de classificação de imagens na área piloto

As classificações da área piloto geraram os mapas apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Classificação para o ano de 2016 da área piloto (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass; (B) Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass; (C) Imagem PAN10/CBERS com classificador supervisionado por regiões; (D) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por regiões; (E) Imagem PAN10/CBERS com classificador supervisionado por pixel; (F) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por pixel.



Fonte própria.

Pode-se notar grandes semelhanças entre as classificações obtidas, mas as classificações por pixel, por exemplo, apresentam mais pixels isolados, diferentemente da classificação por região que se mostrou mais uniforme. Nos mapeamentos obtidos, observa-se também a predominância da classe Vegetação Secundária Avançada e a concentração das áreas de Floresta primária nas ilhas do Rio Tocantins. A próxima seção apresenta o resultado e discussões das avaliações realizadas.

6.2 Avaliação da Classificação

A análise dos resultados das classificações foi realizada baseada na matriz de confusão aplicada para todas as imagens testadas. Para a classe Vegetação Secundária Avançada foram gerados 200 pontos aleatórios de referência para a validação, e para as outras duas classes foram gerados 100 pontos aleatórios, para verificação no Google Earth Pro, que apresenta resolução espacial mais fina, para o ano de 2016. Os resultados das avaliações, com seus respectivos índices Kappa, estão apresentados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Matrizes de confusão: (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass (fatiamento); (B) Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass (fatiamento); (C) Imagem PAN10/CBERS com classificador por regiões; (D) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por regiões; (E) Imagem PAN10/CBERS com classificador por pixel; e (F) Imagem OLI/Landsat com classificador por pixel.

(A)						(B)					
Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass (fatiamento)						Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass (fatiamento)					
Classes	Referência				Erro de Comissão	Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma			VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	90.5	7.0	2.5	100.0	9.5	VSA	91.5	7.0	1.5	100.0	8.5
VSI	6.0	86.0	8.0	100.0	14.0	VSI	9.0	70.0	21.0	100.0	30.0
OUT	3.0	4.0	93.0	100.0	7.0	OUT	2.2	0.0	97.8	100.0	2.2
Soma	99.5	97.0	103.5			Soma	102.7	77.0	120.3		
Erro de Omissão	9.0	11.3	10.1			Erro de Omissão	10.9	9.1	18.7		
Kappa	0.85					Kappa	0.80				

(C)

Imagem PAN10/CBERS com classificador por regiões					
Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	86.0	11.5	2.5	100	14.0
VSI	0.0	85.0	15.0	100	15.0
OUT	5.0	6.0	89.0	100	11.0
Soma	91.0	102.5	106.5		
Erro de Omissão	5.5	17.1	16.4		
Kappa	0.8				

(D)

Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por regiões					
Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	89.0	9.0	2.0	100.0	11.0
VSI	9.0	74.0	17.0	100.0	26.0
OUT	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0
Soma	98.0	83.0	119.0		
Erro de Omissão	9.2	10.8	16.0		
Kappa	0.82				

(E)

Imagem PAN10/CBERS com classificador por pixel					
Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	86.0	11.0	3.0	100.0	14.0
VSI	3.0	87.0	11.0	100.0	13.0
OUT	6.0	3.0	91.0	100.0	9.0
Soma	95.0	101.0	105.0		
Erro de Omissão	9.5	13.9	13.3		
Kappa	0.82				

(F)

Imagem OLI/Landsat com classificador por pixel					
Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0
VSI	4.0	71.0	25.0	100.0	29.0
OUT	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0
Soma	104.0	71.0	125.0		
Erro de Omissão	3.8	0	20.0		
Kappa	0.86				

Legenda:

VSA: Vegetação Secundária Avançada

VSI: Vegetação Secundária Inicial

OUT: Outros

Fonte própria.

Analisando os resultados, observa-se que a imagem Landsat classificada pelo classificador (MaxVer) por pixel e a imagem CBERS classificada, segundo a metodologia do TerraClass, foram as que apresentaram melhor desempenho em relação às outras, com índice Kappa de 0,86 e 0,85, respectivamente.

Foram gerados mais pontos amostrais aleatórios e outra matriz de confusão para comparar as classificações obtidas com estas duas imagens, como mostra a Tabela 6. Assim, pôde-se concluir

que a imagem CBERS foi a que obteve um melhor desempenho, com índice Kappa de 0,80 e melhor desempenho da classe VSI. Entretanto a imagem OLI apresentou uma melhor classificação da Vegetação Secundária Avançada.

Tabela 6 - Matrizes de confusão: (A) Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass e (B) Imagem OLI/Landsat com classificador supervisionado por pixel.

(A)						(B)					
Imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass (fatiamento)						Imagem OLI/Landsat com classificador por pixel					
Classes	Referência				Erro de Comissão	Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma			VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	85.5	11.0	3.5	100.0	14.0	VSA	90.0	10.0	0.0	100.0	0.0
VSI	5.0	77.0	18.0	100.0	13.0	VSI	1.0	62.0	37.0	100.0	29.0
OUT	1.0	2.0	97.0	100.0	9.0	OUT	1.0	4.0	95.0	100.0	0.0
Soma	91.5	90.0	118.5			Soma	92.0	76.0	132.0		
Erro de Omissão	6.6	14.4	18.1			Erro de Omissão	2.2	18.4	28.0		
Kappa	0.8					Kappa	0.74				

Legenda:

VSA: Vegetação secundária Avançada

VSI: Vegetação Secundária Inicial

OUT: Outros

Fonte própria.

6.3 Resultados da classificação para a área de estudo

Como mencionado anteriormente a imagem e o algoritmo que apresentaram melhor desempenho foram: a imagem CBERS e o fatiamento utilizado na metodologia do TerraClass, respectivamente. Entretanto, as imagens CBERS disponibilizadas para o ano de 2016 apresentam uma porcentagem grande de cobertura de nuvens e não puderam ser utilizadas para a área toda. A avaliação de desempenho, apresentada na Tabela 5, mostra diferenças no desempenho entre os algoritmos testados, nas quais o classificador por pixel apresentou índices mais altos, principalmente para as classes Vegetação Secundária Avançada (VSA) e Outros, além de um maior índice Kappa de 0,86. Entretanto, a avaliação dos dois melhores algoritmos indicados na Tabela 6, ao se acrescentar novas amostras, mostrou um desempenho inferior desse mesmo algoritmo,

principalmente para a classe Vegetação Secundária Inicial (VSI), com 62% de acerto, mostrando uma instabilidade do mesmo. Além do baixo desempenho na classificação da classe VSI, da pequena diferença entre as performances dos classificadores por regiões e por fatiamento, é necessário adicionar uma etapa de pós-classificação para limpeza de pixels isolados, assim, esse algoritmo não foi utilizado. Optou-se por utilizar a metodologia do TerraClass (fatiamento da fração vegetação) para a classificação da imagem OLI/Landsat para os quatro municípios.

Foi realizada uma avaliação da classificação com a geração de pontos aleatórios verificados no Google Earth Pro, com imagens de resolução espacial mais fina, para o ano de 2016. Esse processo gerou uma matriz de confusão, um índice de exatidão global de 91% e um índice Kappa de 0,87, como mostra a Tabela 7. Esse resultado mostra que a escolha do classificador em questão, foi adequada, dando destaque para a classe VSI que apresentou o melhor desempenho dentre todas as classificações que foram realizadas.

Tabela 7 - Matriz de confusão da imagem e classificador escolhidos, OLI/Landsat com metodologia do TerraClass (fatiamento).

Imagem OLI/Landsat com metodologia do TerraClass					
Classes	Referência				Erro de Comissão
	VSA	VSI	OUT	Soma	
VSA	92.0	7.0	1.0	100.0	14.0
VSI	11.0	84.0	5.0	100.0	13.0
OUT	0.0	3.0	97.0	100.0	9.0
Soma	103.0	94.0	103.0		
Erro de Omissão	10.7	10.6	5.8		
Kappa	0.865				

Legenda:

VSA: Vegetação Secundária Avançada

VSI: Vegetação Secundária Inicial

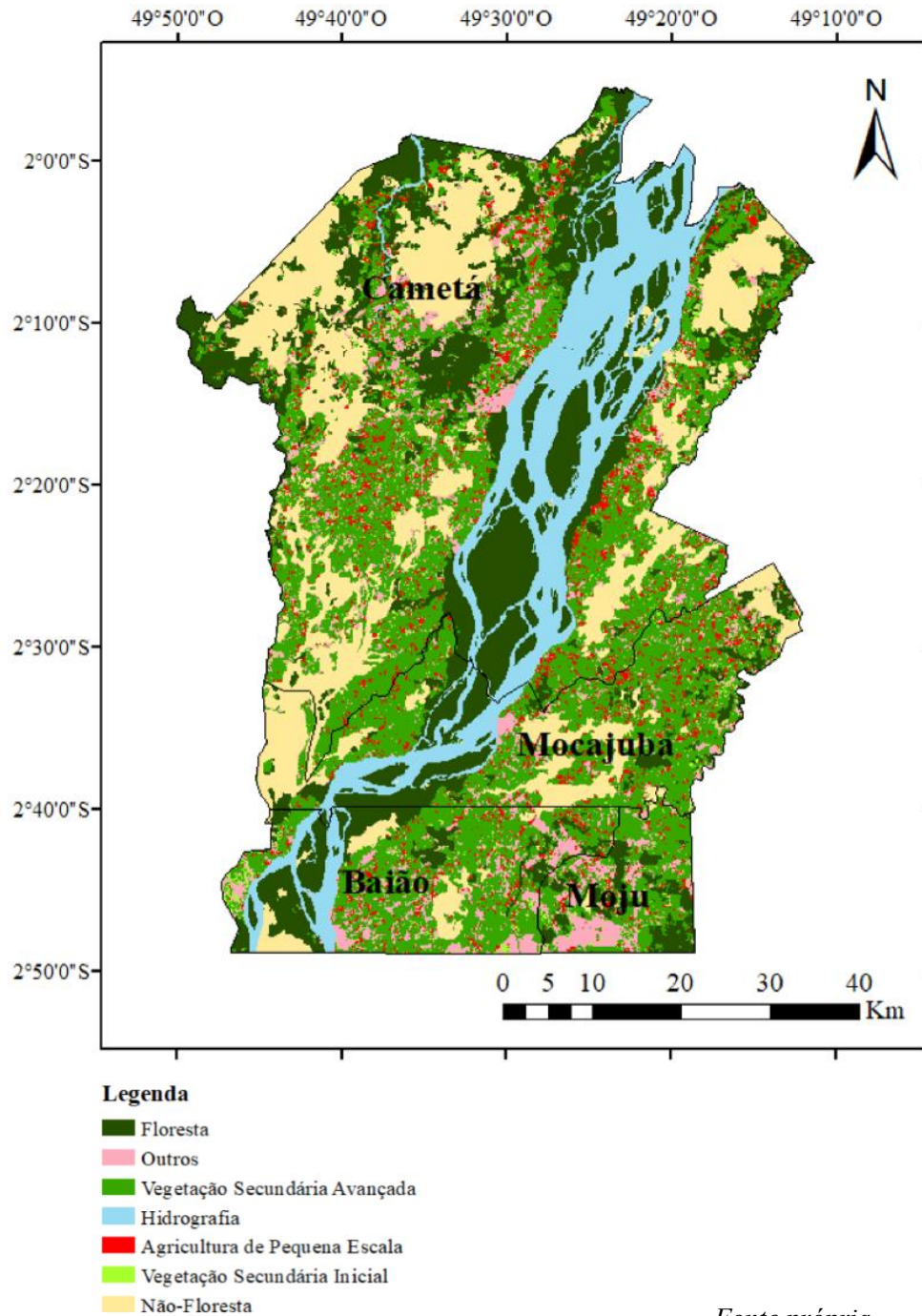
OUT: Outros

Fonte própria.

6.4 Mapeamento das áreas de agricultura de pequena escala e sua inclusão no mapa de uso e cobertura da terra

O resultado da classificação total, incluindo as duas últimas etapas, é apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Classificação da área de estudo com OLI/Landsat por MLME.



O acerto da classe de Agricultura Anual de Pequena Escala foi de 80% considerando os dados de campo.

A estimativa de área de cada classe é apresentada na Tabela 8. A classe Vegetação Secundária Avançada, descontando as áreas de Hidrografia e de Não-floresta da área total, foi a classe que apresentou maior área, representando um total de cerca 1.700 km² (50,96%), indicando que a região teve uma ocupação precoce, com grandes extensões desmatadas no passado, apresentando atualmente grandes áreas de regeneração florestal em estágio avançado. As áreas de Floresta representam 32,43% e estão concentradas nas ilhas, como mostra a Figura 7.

Se somarmos as classes de Vegetação Secundária Avançada e Floresta temos 83% de vegetação em diferentes estágios de sucessão. Esta alta proporção de vegetação secundária se deve aos sistemas agroflorestais e ao tipo de agricultura praticado na região, de forma itinerante, que mantém grande parte das áreas em pousio para recuperação da fertilidade dos solos e, assim, possibilita a regeneração da floresta e a conservação das espécies, além da retirada de carbono da atmosfera, o que não ocorre em áreas onde predomina a pecuária extensiva, como na região sudeste do Pará.

Na região Sudeste do estado do Pará, em que predomina a pecuária extensiva a proporção de vegetação secundária costuma ser muito pequena. Se tomarmos como exemplo os municípios de Rio Maria, Curianópolis, Eldorado dos Carajás e Xinguara, de acordo com o dado do TerraClass (EMBRAPA; INPE, 2014), observa-se que todos eles em 2014 tinham mais de 80% de suas áreas de floresta desmatadas em 2014, entretanto, menos de 13% dessas áreas estavam cobertas por vegetação secundária.

Nota-se a pequena proporção de área da classe Outros (11,26%), que compreende entre outras classes, a classe pastagem. Essas áreas estão concentradas nos municípios de Baião e Moju, que apresentam de fato maior rebanho bovino entre os quatro municípios. Os resultados apresentados com a classificação são consistentes com os dados do IBGE, apresentados na Tabela 1, em que os municípios de Mocajuba e Cametá apresentam predominantemente produção extrativista e proveniente de agricultura de pequena escala, enquanto os municípios de Baião e Moju apresentam uma produção mais significativa relacionada com a pecuária.

Tabela 8 - Porcentagens relativas às áreas de cada classe mapeada.

Área da Classificação		
Classes	Área (km2)	%
Floresta	1088.41	32.43
Outros	377.96	11.26
Veg. Secundária Avançada	1710.28	50.96
Agricultura de Pequena Escala	103.20	3.07
Veg. Secundária Inicial	76.58	2.28
TOTAL	3356.42	

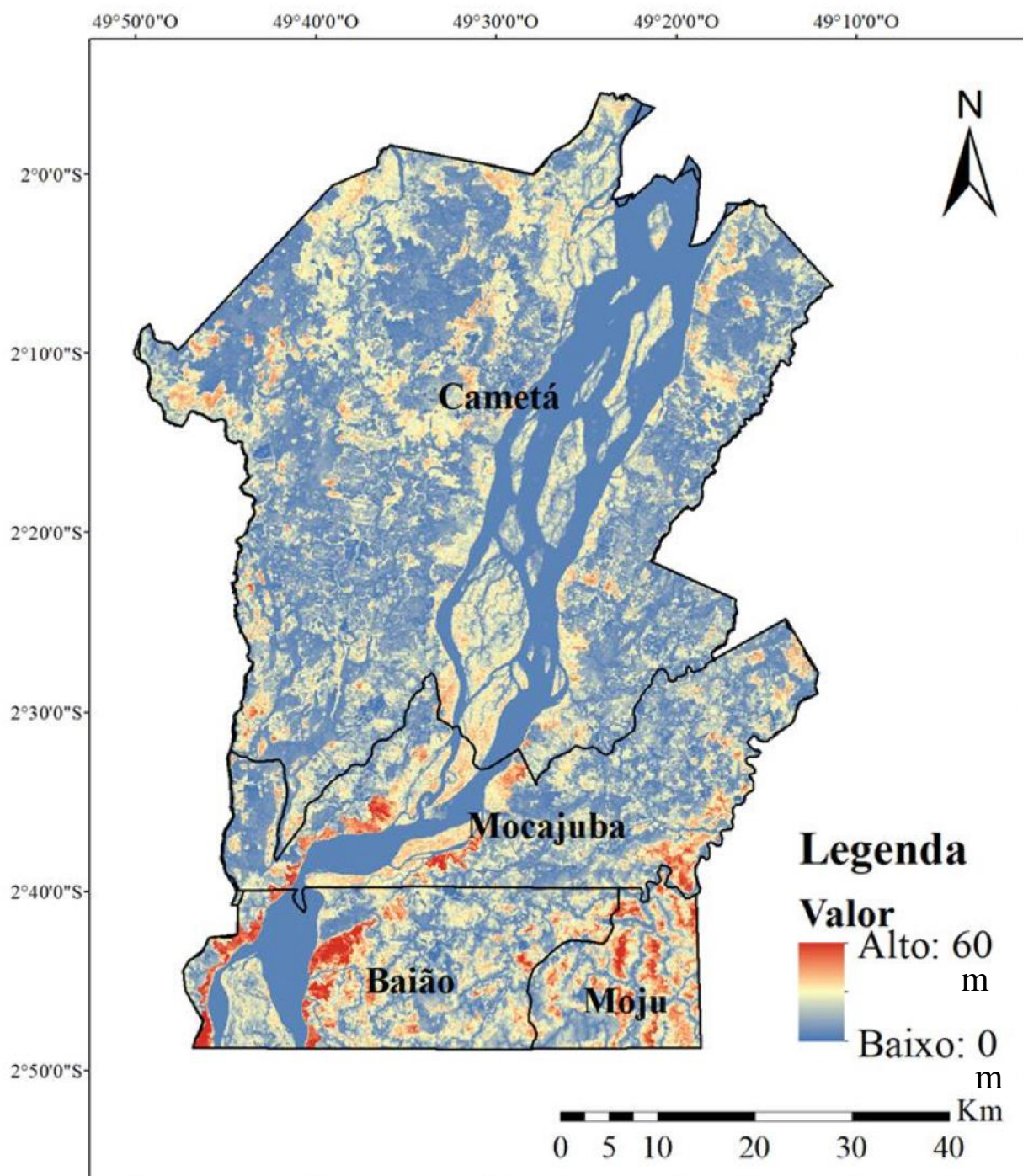
Observação: As classes Hidrografia e Não-floresta foram retiradas do cálculo.

Fonte própria.

6.5 Aplicação do algoritmo HAND para delimitação das áreas de baixo e várzea

O algoritmo HAND, implementado no TerraHidro (INPE, 2015), foi utilizado para a delimitação de ambientes de baixo, ecótono e platô (RENNÓ et al, 2008). Foram utilizadas imagens provenientes do SRTM na área de estudo, que possibilitaram definir essas áreas. No HAND, os dados de altitude gerados são relativos à drenagem mais próxima. Na Figura 8, por exemplo, as áreas em azul representam áreas baixas em relação à drenagem mais próxima, enquanto as áreas mais altas, de terra firme, são representadas em vermelho, formando um gradiente que vai do azul (áreas mais baixas) ao vermelho (áreas mais altas).

Figura 8 - Mapa indicando áreas de baixo (tons azuis) e áreas mais altas de terra firme (tons vermelhos), segundo o algoritmo de HAND.

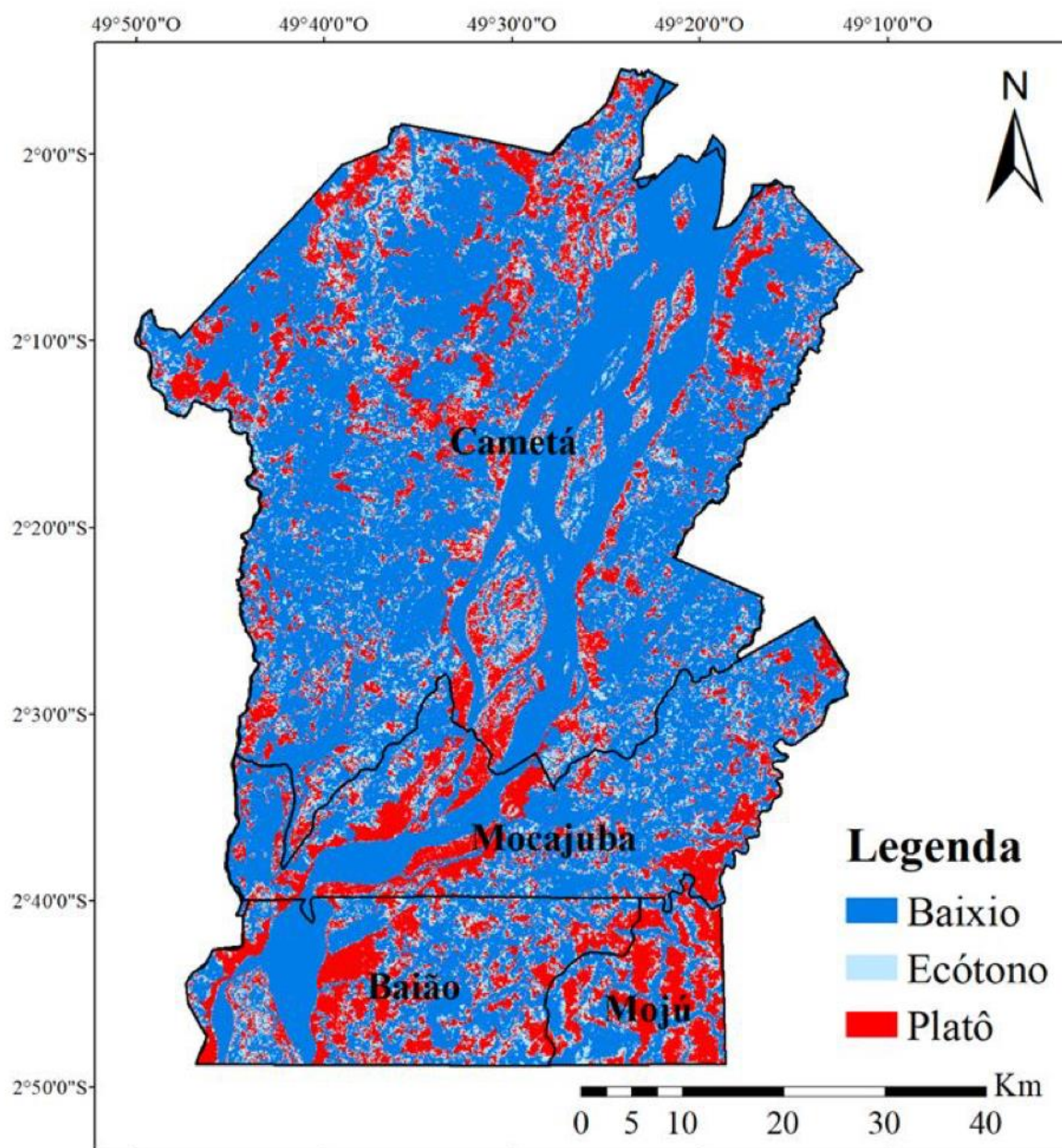


Fonte própria.

Observa-se que a região apresenta grande proporção de áreas de baixio, de acordo com o HAND, e pequenas áreas isoladas, mais altas, principalmente às margens do rio Tocantins na porção sul da área de estudo. Algumas áreas nas margens do Tocantins foram visitadas e de fato apresentam taludes de mais de 20 m de altura, em relação à lâmina d'água.

Após a geração do mapa pelo algoritmo HAND, foi realizado fatiamento utilizando limiares obtidos de forma empírica de 0 a 15 metros para baixio, de 15 a 20 metros para ecótono e, de 20 a 60 metros para as áreas de platô, de acordo com os dados de campo, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Mapa classificado em baixio, ecótono e platô.



Fonte própria.

O resultado do mapeamento do HAND foi avaliado de forma qualitativa, com os dados de campo coletados em dezembro de 2017 e com os dados de altitude fornecidos no Google Earth, pois não foi possível fazer uma correspondência direta entre os dados de altitude obtidos com o GPS e os dados do HAND. A Tabela 9, a seguir, mostra a relação feita entre os dados de altitude

com um acerto de 79%. Os 21% restantes podem ser explicados pela presença de rios que o algoritmo HAND classificou como áreas baixas.

Tabela 9 - Convergências entre dados de altura gerados com o HAND e do Google Earth para validação do algoritmo.

Data da coleta	Ponto	Altura HAND (m)	Altura Google Earth (m)	Ambiente
19.12	237	1	20	
19.12	238	20	21	
19.12	241	0	22	
19.12	245	24	25	
19.12	249	6	23	
20.12	257	1	2	
20.12	259	0	1	
20.12	266	0	2	
20.12	268	8	4	
20.12	279	0	1	
20.12	280	11	12	
20.12	281	16	14	
20.12	282	19	16	
21.12	311	1	1	
21.12	313	10	7	
21.12	314	6	8	
21.12	315	7	10	
21.12	322	12	12	
21.12	338	0	1	
22.12	396	14	13	
22.12	399	7	5	
22.12	416	1	16	
22.12	448	6	11	

Legenda:

	Baixio - convergência dos dados
	Ecótono - convergência dos dados
	Platô - convergência dos dados
	Divergência entre dado HAND e Google

Fonte própria.

A Tabela 10 apresenta as porcentagens das áreas de cada município da área de estudo mapeadas como baixo, ecótono e platô. Percebe-se que Cametá tem uma porção maior de áreas de baixo, enquanto Moju tem grande porcentagem de áreas de platô configurando mais áreas de terra firme, essa característica é consistente com os dados de produção de açaí do IBGE (Tabela 1), que mostra uma maior produção de açaí em Cametá provavelmente devido a maior proporção de áreas de baixo.

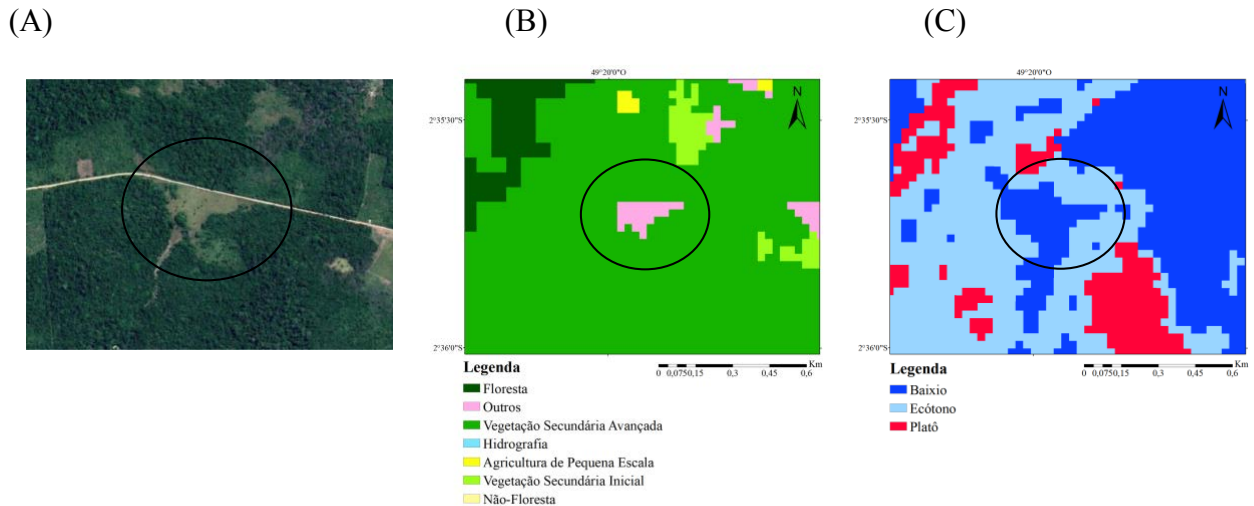
Tabela 10 - Porcentagens das áreas dos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Moju relativas a áreas de baixo, ecótono e platô.

	Cametá	Mocajuba	Baião	Moju
Baixo	69,06%	61,22%	52,34%	37,54%
Ecótono	14,85%	14,85%	18,26%	17,35%
Platô	16,08%	23,93%	29,41%	45,11%

Fonte própria.

O dado do HAND possui algumas limitações devido ao uso de dados do SRTM de 2000. Segundo Pinheiro (2010), áreas desmatadas podem ter o mesmo efeito das áreas de várzea, pois o algoritmo leva em consideração a distância vertical, assim, a distância entre uma copa e o solo desmatado ao lado, pode resultar em um valor baixo do HAND, simulando uma falsa área de baixo como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Efeito do desmatamento no relevo, comparação entre imagens do Google Earth (A), Classificação (B), e Grade do HAND (C).



Fonte própria.

6.6 Coleta de dados de campo para a avaliação do mapeamento do uso e cobertura da terra dos municípios de Mocajuba e Cametá

No trabalho de campo foram coletadas informações sobre o extrativismo, sobre a produção de açaí em terra firme e as atividades relativas à agricultura anual de pequena escala. A produção agrícola da região é realizada em áreas pequenas em um sistema de corte-queima e produz principalmente mandioca e pimenta-do-reino, com mão de obra familiar. Além do açaí, outras plantas são cultivadas principalmente nos quintais das chácaras e sítios, como frutas e hortaliças. Na Figura 11 são apresentadas duas fotos de dois dos 30 imóveis rurais familiares visitados em campo.

Figura 11 - (A) Área de cultivo de pimenta-do-reino e (B) Área de cultivo de mandioca, classificadas como agricultura de pequena escala em Mocajuba.

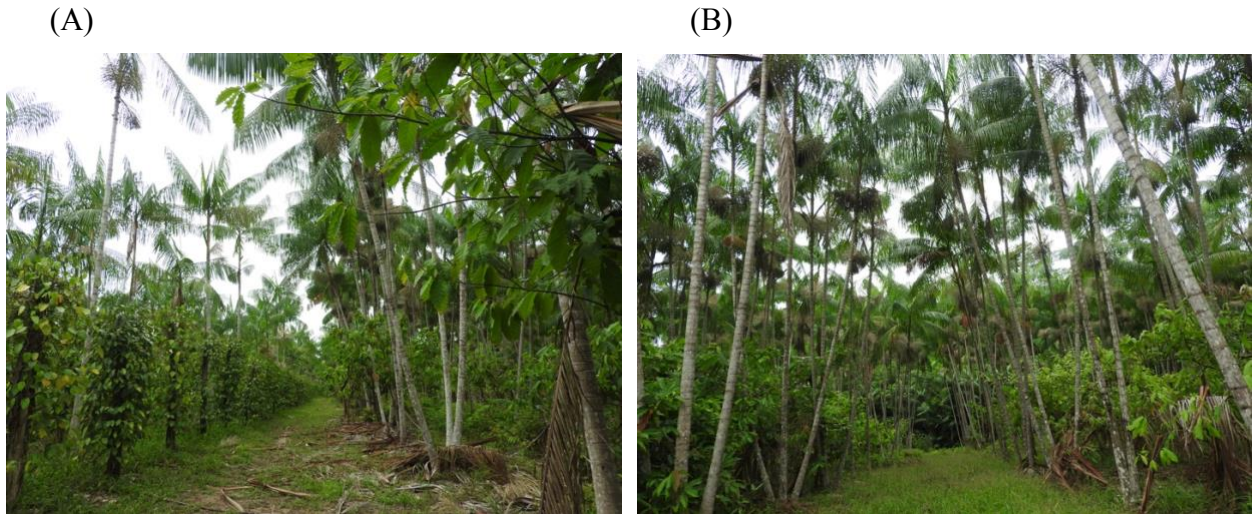


Fonte: Fototeca INPE, 2017.

Em relação à produção do açaí, foram feitas 6 entrevistas com produtores em áreas de terra firme e várzea. Pode ser observado que o açaí se encontra nas ilhas do Rio Tocantins, em baixas altitudes relativas e próximo aos igarapés. Em terra firme o cultivo de açaí é feito com agricultura irrigada, em larga escala, com uso de equipamentos modernos e uso de maquinário para colheita, adubo e irrigação. Esta última é feita por meio de bombeamento de água de rios próximos ou poços. Os produtores fazem o manejo das palmeiras e costumam deixar de dois a três estipes de açaí.

A safra do açaí de terra firme vai de novembro até março, período em que o açaí de várzea tem baixa produção e o valor de mercado do fruto aumenta. Em geral, devido ao espaçamento de 4x4 metros deixados entre as palmeiras para facilitar a mecanização, os produtores utilizam o espaço vazio para plantação de cacau ou pimenta, constituindo um sistema agroflorestral, como mostra a Figura 12.

Figura 12 - (A) Área de cultivo de açaí em consórcio com pimenta-do-reino em Mocajuba, PA e (B) Área de cultivo de açaí em consórcio com cacau em Mocajuba, PA.



Fonte: Fototeca INPE, 2017.

Uma dinâmica diferente se faz presente nos açaizais de várzea. Encontrados em abundância nas ilhas do rio Tocantins, seus canais são influenciados pela sazonalidade do rio. O fruto é manejado através da limpeza do entorno da palmeira, deixando-se apenas dois ou três estipes e as rebrotas são replantadas. Em geral, o açaizeiro é cultivado para a coleta do fruto, dificilmente para consumo e venda do palmito. Nestas áreas, principalmente fora das ilhas, além do açaí, são desenvolvidas atividades agrícolas para o auto consumo.

Durante o campo pôde-se perceber dois padrões na paisagem das ilhas do baixo Tocantins: o açaí com manejo e sem manejo. O açaí manejado passa pela limpeza e assim é facilmente visualizado na paisagem, como mostra a Figura 13A. Já o segundo, tem o açaí em abundância, como mostra a Figura 13B, e se mistura com outras árvores e palmeiras (buriti e outras palmeiras).

Figura 13 - (A) Açaí manejado e (B) Açaí não manejado, ambos à beira do rio Tocantins.

(A)



(B)



Fonte: Fototeca INPE, 2017.

Esse levantamento e os registros realizados foram de grande importância para a compreensão dos padrões dos sistemas de produção associados ao açaí e deu suporte para a classificação das áreas potenciais de ocorrência do açaí.

A Figura 14A mostra um talude próximo à sede do município de Mocajuba e a Figura 14B mostra um talude de cerca de 20 m de altura com escadaria para acesso a comunidade Quilombola São Benedito, localizada na margem oeste do Rio Tocantins.

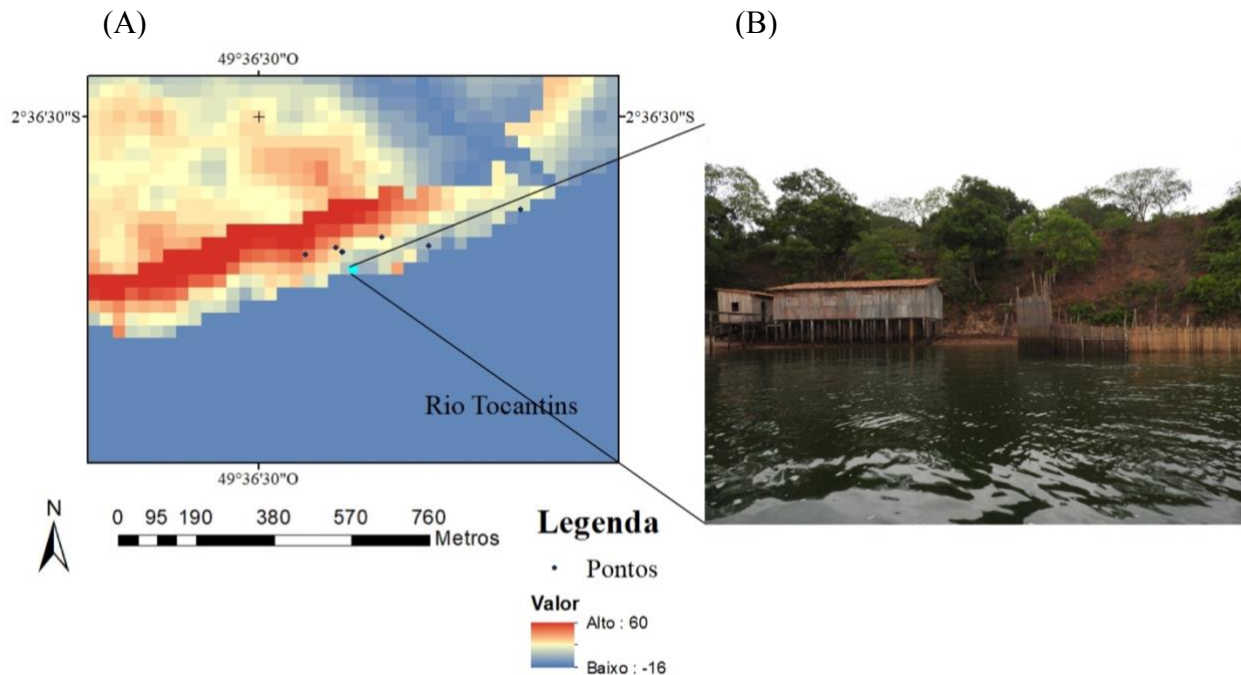
Figura 14 - Registros fotográficos coletados em Mocajuba, PA, em expedição de campo em dezembro de 2017 mostrando em (A) Talude em área próxima à sede de Mocajuba, PA; (B) Talude com cerca de 20 m de altura com escadaria para acesso a comunidade Quilombola São Benedito.



Fonte: Fototeca INPE, 2017.

A Figura 15A mostra uma área de platô com 20 a 35 metros localizada nas ilhas do Rio Tocantins, representada pela cor vermelha, e, ao lado, a Figura 15B mostra o registro do local com um talude com cerca de 20 metros de altura em relação à lâmina d'água.

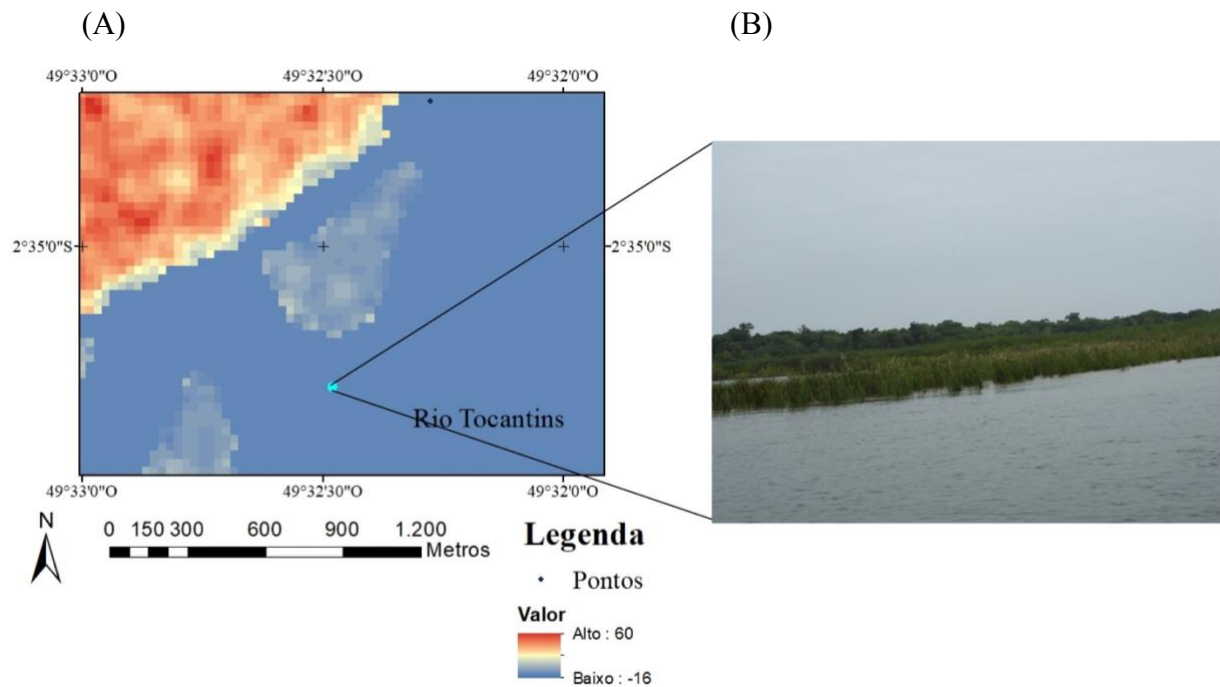
Figura 15 - (A) Mapa gerado com o algoritmo HAND e; (B) Área de platô às margens do rio Tocantins.



Fonte própria.

Diferente do que foi apresentado anteriormente, a Figura 16A apresenta áreas em azul que representam áreas baixas da classe 1 a 3 metros de altura, em relação à drenagem mais próxima, e a foto ao lado, obtida durante expedição de campo, caracteriza a vegetação de gramíneas, observada no local. Quanto menor a distância vertical em relação à drenagem mais próxima, maior o indicativo de que o lençol freático está próximo à superfície e que o solo está mais saturado, o que pode representar uma área potencial de ocorrência de açaí, caso a área apresente também fisionomia florestal.

Figura 16 - (A) Mapa gerado com o algoritmo HAND comparado a (B) Área de baixio à beira do rio Tocantins.



Fonte própria.

6.7 Áreas Potenciais de Ocorrência de Açaizal: Resultados do cruzamento dos dados de uso e cobertura da terra com o HAND

O resultado que compõe o que foi chamado e mapa dos ambientes de baixio (baixio e ecótono) e de terra firme (platô), pode ser observado na Figura 17 e na Tabela 11. A classe de alto potencial de ocorrência de açaí cobre 43,80 % da área total. Se retirarmos as áreas de hidrografia verificamos que essa área cobre 49,5% da área analisada.

Tabela 11 - Porcentagens relativas da área de cada classificação.

Área da Potencial de Ocorrência de Açaizal		
Classificação	Área (km2)	%
Alto Potencial	2101,21	43,80
Hidrografia	553,24	11,53
Baixo Potencial	2143,32	44,67
TOTAL	4797,77	100

Fonte própria.

Tabela 12 - Porcentagens dos municípios de Cametá, Mocajuba, Baião e Moju relativas a área de cada classificação de potencial de ocorrência de açaí.

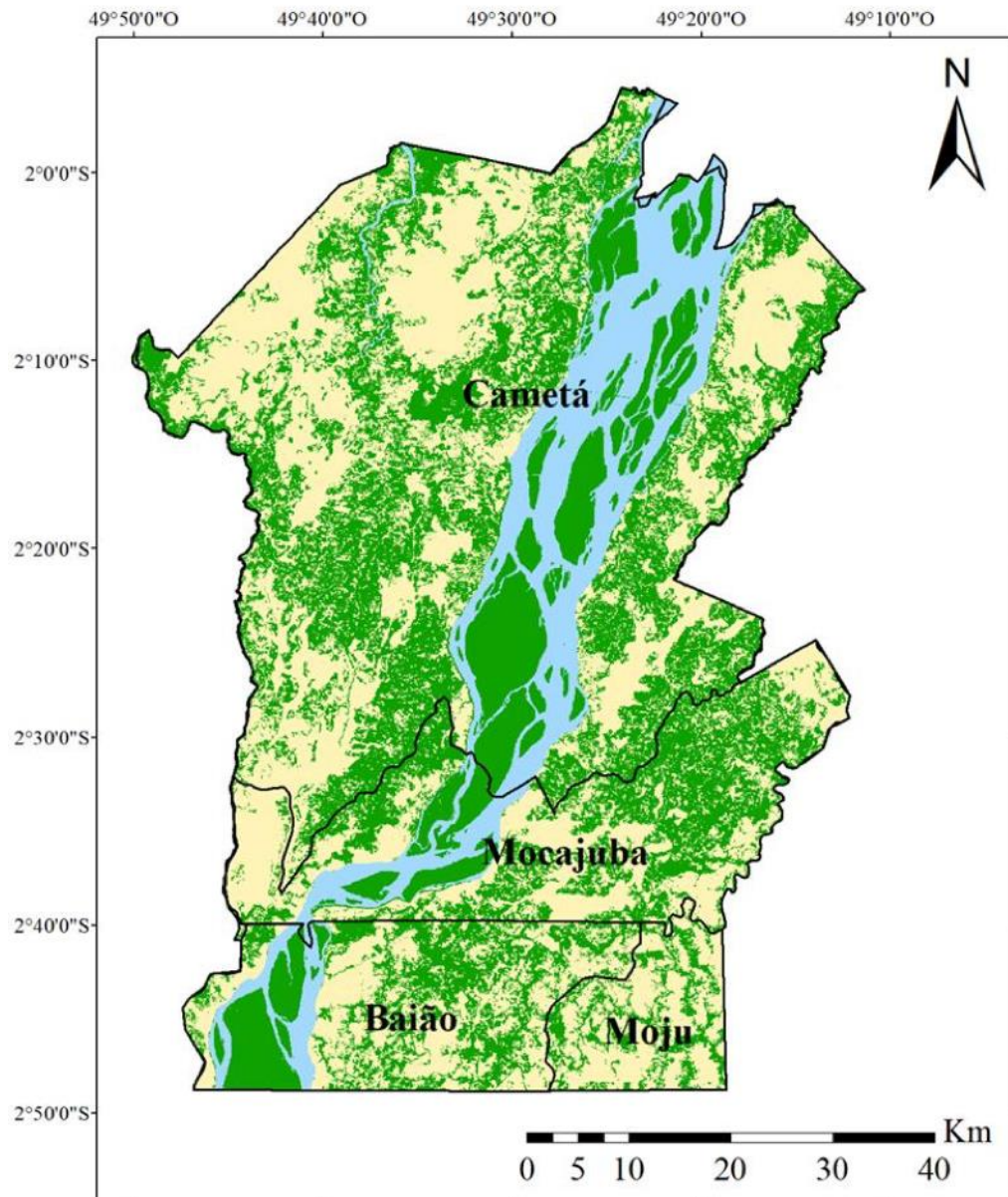
	Cametá	Mocajuba	Baião	Moju
Alto potencial de ocorrência de Açaí	43,86%	46,57%	45,60%	31,43%
Hidrografia	13,82%	7,94%	8,59%	0%
Baixo potencial de ocorrência de Açaí	42,32%	45,50%	45,81%	68,57%

Fonte própria.

As observações de campo mostram que, de fato, são muitas as áreas de açaí distribuídas na área de estudo, sendo que nos municípios de Cametá, Mocajuba e na parte da área de Baião e de Moju mapeadas, é grande a proporção de área, de alto potencial de ocorrência, de 43,86%, 46,57% e 45,60%, respectivamente, como mostra a Tabela 12. A parte do município de Moju que está dentro da área de estudo apresenta menor proporção, 31,43%. Os resultados da Figura 8 e 9 mostram que grande parte das áreas de platô localizam-se na porção sul da área de estudo, nos municípios de Baião e Moju. Esses dois municípios apresentam um efetivo bovino maior e menor produção extrativista do fruto do açaí, de acordo com dados do IBGE (2018). São 80.756 e 70.000 cabeças de gado bovino em Moju e Baião, respectivamente, e 120 e 980 toneladas de açaí extraído em Moju e Baião, respectivamente, segundo dados do ano de 2017.

O mapa gerado com os potenciais de ocorrência de açaí é mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Resultado do cruzamento da classificação de uso e cobertura da terra com o dado HAND de áreas de várzeas, baixios e platôs.



Fonte própria.

O resultado obtido em relação à classe de alto potencial de ocorrência de açaí se mostrou coerente com a observação de campo, entretanto, a avaliação com dados de campo evidenciou algumas áreas que não foram classificadas corretamente, devido a presença de vários tipos de manejo de açaí, como, por exemplo, áreas de açaí plantado.

Para avaliação do mapeamento, foram utilizados 69 pontos de açaí da atividade de campo de dezembro de 2017. Como resultado, obteve-se que 87% (60) dos pontos de açaí corresponderam a área de alto potencial de ocorrência de açaí. Contudo, dos 9 pontos que não foram classificados, 1 era de açaí plantado, que nesta pesquisa foi incluído na classe Outros, 5 pontos eram de açaí de quintal e 3 pontos estavam muito próximos de alvos urbanos como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 – Avaliação do Mapeamento de Açaí.

Correspondência	Quantidade de pontos	Porcentagem (%)
Açaí de várzea	60	86.96
Açaí Plantado	1	1.45
Açaí de Quintal	5	7.25
Próximos de Alvos Urbanos	3	4.35
TOTAL	69	100

Fonte própria.

Considerando o histórico de ocupação da área de estudo que se inicia no século XVII (Cametá e Mocajuba), e os ciclos econômicos da borracha, da pimenta-do-reino, entre outros, grande parte da cobertura florestal original foi removida (68%) e junto com ela, parte dos açaizais. Assim, o mapeamento de áreas potenciais de ocorrência de açaizais pode indicar que algumas áreas apresentam alto potencial mas que, com a supressão da cobertura florestal, essas áreas não apresentam mais essa palmeira.

7 CONCLUSÕES

O melhor desempenho de algoritmo e imagem obtidos na área piloto, foram a imagem PAN10/CBERS com metodologia do TerraClass com índice Kappa 0,80, entretanto, devido a alta cobertura de nuvens nas imagens do ano de 2016, foram escolhidos o fatiamento e a imagem OLI/Landsat, com acertos de 92% para a Vegetação Secundária Avançada, 84% para a Vegetação Secundária Inicial e 97% para a classe Outros. O índice de exatidão global obtido foi de 91% e índice Kappa calculado foi de 0,87. Esses resultados demonstraram ser satisfatórios no mapeamento destas classes apresentando altos índices de acerto e com correspondência com dados de campo e imagens de resolução espacial mais fina utilizadas como referência.

A metodologia desenvolvida para a identificação de áreas potenciais de ocorrência de açaí mostrou-se adequada, gerando uma boa perspectiva para o mapeamento dessas áreas. Apesar de alguns limitantes como a impossibilidade de relacionar diretamente os dados de altura do terreno com os dados de campo obtidos com o GPS e os dados de altura do HAND, observou-se de forma qualitativa, que há coerência entre os dados do HAND e as observações de campo. Entretanto, para melhoria do produto HAND, edições nas imagens SRTM podem ser realizadas para evitar a confusão no mapeamento de áreas de baixio devido ao desnível causado por áreas recém desmatadas.

O mapeamento da cobertura da terra mostrou a importância das áreas de floresta primária na região (32,4%), principalmente nas ilhas do Rio Tocantins, onde se encontra a maior parte da produção do açaí. O açaí é muito relevante no ecossistema de várzea, que é tradicionalmente explorado, e apresenta grande importância social, cultural e na qualidade de vida e alimentação dos ribeirinhos (JARDIM; ANDERSON, 1987; NOGUEIRA, 2005 apud BATISTA, 2013). Sua valorização incentiva o fortalecimento do setor agroflorestal e a criação de políticas públicas para o incentivo ao desenvolvimento e para a difusão de técnicas de manejo, que podem ter efeitos socioeconômicos e ambientais importantes. Com relação aos dados gerados com o HAND propõe-se desenvolver uma nova avaliação, a partir da edição e correção dos dados HAND e da adição de novos dados coletados em campo e uso de métodos estatísticos.

Os resultados do mapeamento de uso e cobertura da terra mostraram a grande importância das áreas de Vegetação Secundária (50,9%), onde ocorrem as atividades de agricultura de pequena escala, realizadas em um sistema itinerante, em que as áreas cultivadas, após alguns anos de uso,

são abandonadas para recuperarem a fertilidade dos solos. Embora as áreas de agricultura de pequena escala representem apenas 3% da área total mapeada, parte das áreas utilizadas nesse tipo de agricultura está representada pelas áreas de vegetação secundária onde se encontram as áreas em pousio e outras culturas, como o cacau, plantado em sistemas agroflorestais, não distinguido neste trabalho. A metodologia aplicada utilizando classificação orientada a objetos, se mostrou eficiente promissora para o mapeamento dessas áreas.

Ainda sobre os resultados da classificação do uso da terra, observou-se que, diferentemente do restante da Amazônia, essa região apresenta poucas áreas de pastagem, indicando a presença de formas de uso da terra ambientalmente e socialmente mais sustentáveis, como a agricultura de pequena escala e o extrativismo, que necessitam da floresta e/ou do sistema de pousio para a regeneração da vegetação. Esses sistemas tem um papel importante na conservação da floresta e, conseqüentemente, na manutenção da biodiversidade, e incluem em seu sistema produtivo, a população local, gerando produtos para consumo e renda.

Quanto à agricultura familiar, esse modelo de produção tem grande relevância no Brasil, já que representa segundo (ADIB; MIRANDA, 2007 apud BATISTA, 2013), 40% da produção agropecuária ou 60% de produtos como milho, feijão, mandioca e hortaliças. Entretanto, devido a complexidade de seu mapeamento e, muitas vezes, devido a necessidade de imagens de alta resolução espacial, esses sistemas não tem sido mapeados de forma satisfatória. A importância de se dar visibilidade para esses sistemas de produção está na geração de informações que visem subsidiar as políticas públicas para o fortalecimento da agricultura brasileira, principalmente daquela que gera alimentos, e para a promoção de um desenvolvimento econômico socialmente inclusivo, que não vise somente a exportação, mas que vise também suprir demandas locais e o mercado interno com matérias-primas e recursos alimentícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.A.; COUTINHO, A.C.; ESQUERDO, J.C.D.M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C.G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. In: **Acta Amazonica**, Vol 46 (3) 2016: 291-302.

ALMEIDA, R. Pará e o mundo das águas do Baixo Tocantins. **Estudos Avançados**, v.24 n.1, p., 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100020>

ALVES, D. S. Space-times dynamics of deforestation in Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.14, p. 2903-2908. 2002.

AZEVEDO, J. Tipologia do Sistema de Manejo de Açaizais Nativos praticado pelos Ribeirinhos em Belém, Estado do Pará. **Dissertação** (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Pará, Belém: UFPA, 2005.

BATISTA, K. Avaliação da Sustentabilidade de Agroecossistemas Familiares Agroextrativistas de Açaizeiros na Região das Ilhas do Município de Cametá, Pará. **Dissertação** (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Pará, Belém: UFPA, 2013.

BECKER, B. Geopolítica na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19 n. 53. São Paulo, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000100005

BRONDÍZIO, E. S. **The Amazonian Caboclo and the Açaí Palm: Forest Farmers in the Global Market**. Institute of Economic Botany. The New York Botanical Garden Press. Bronx, New York, *Advances in Economic Botany*, vol. 16, 403 p. 2008.

CLASSIFICAÇÃO. 28 fev 2010. Disponível na internet em: <https://geotecnologias.wordpress.com/2010/02/28/classificacao/>. Acesso em 20 out 2018.

COSTA, F. A. Trajetórias Tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 8, n. 1, p. 35–86, 2009.

COSTA, F.A. O açaí do Grão-Pará: Arranjo Produtivo e Econômico Local- Estruturação e dinâmica (1995-2011). **Tese** (Livre docência em desenvolvimento sustentável do Trópico úmido). Universidade Federal do Pará-UFPA. Belém, 2016.

COUTINHO, A. Segmentação e Classificação de Imagens Landsat-TM para o Mapeamento dos Usos da Terra. **Dissertação** (Mestrado) – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, São Paulo: Embrapa, 1998.

DAL’ASTA, A. P.; SOUZA, A. R.; PINHO, C. M. D.; SOARES, F. R.; REGO, G. F. J.; SIQUEIRA, J. M.; ESCADA, M. I. S.; BRIGATTI, N.; AMARAL, S.; CAMILOTTI, V. L.;

DÓRIA, V. E. M. As comunidades de terra firme do sudoeste do Pará: população, infraestrutura, serviços, uso da terra e conectividades. **Relatório técnico**, São José dos Campos: INPE, 2014. 96 p. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3GSJS3L>.

EMBRAPA; INPE. TerraClass: Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia - **Sumário Executivo**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/sumario_executivo_terraclass_2008.pdf. Acesso em: 21 jan. 2014.

ESCADA, M. Estatística Kappa para Avaliação de Qualidade de Mapas Temáticos: Uma Breve Revisão. Trabalho do Curso Avaliação de Mapas Temáticos. São José dos Campos: INPE, 1998.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR)., 2007, Florianópolis. São José dos Campos: INPE, 2007.

FRANCO, C. Análise Comparada de Segmentação e Classificação Orientada por Objetos de uma Imagem Worldview-2. **Dissertação** (Mestrado em Gestão do Território, Especialização em Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica) - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade de Lisboa, 2013.

GUIMARÃES, C. M. C. Dinâmica do Processo de Inovação do Açaí: A trajetória de pesquisa e desenvolvimento do BRS-Pará. **Dissertação** (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) – Universidade Federal do Pará, Belém, 79p. 2016.

HOMMA, A. K. O. 500 anos de uso dos solos na Amazônia: um contexto histórico. In: ARAÚJO, Q. R. (Org.). 500 anos de uso no Brasil. Ilhéus, BA: Editus, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/. Acesso em: 20 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisas**. 2018 Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 out 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Manuais – Tutorial de Geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_pro.html

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite**. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Dados TerraClass**. São José dos Campos: TERRACCLASS, 2014. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **TerraHidro**. São José dos Campos: INPE, 2015. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=terrahidro>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Grupo de Modelagem para Estudos da Biodiversidade**. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/index.php>

MACHADO, L. A fronteira agrícola na Amazônia. In: Becker, B. K.; Christofolletti, A.; Davidoch, F. R.; Geiger, R. P. P. ed. **Geografia e meio ambiente no Brasil**, p. 181- 217. 1998.

MENESES, P; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília: Unb, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): Pelo uso sustentável e conservação da floresta**. 3ª Fase (2012-2015). Brasília, 171 p., 2013.

NASA. **Operational Land Imager (OLI)**. 2017. Disponível na internet em: < <https://landsat.gsfc.nasa.gov/operational-land-imager-oli/>>. Acesso em 8 nov 2017.

PINHEIRO, T. F.; RENNÓ, C. D.; ESCADA, M. I. S. Hand terrain descriptor for mapping regional scale eco-hydrological units of amazon terra firme. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 3, p. 691-700, 2015. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/682/819>>. Acesso em: 21 out 2018.

PINHEIRO, T.F.; RENNÓ, C. D.; ESCADA, M. I. S. Mapeamento de ambientes de terra firme no Distrito Florestal Sustentável da BR-163 utilizando o descritor de terreno HAND. Relatório de Pesquisa, Belém: INPE, 12 p, 2010.

PRODUÇÃO Agrícola Municipal (PAM), 2005 a 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam>> Acesso em: 20 jun. 2017.

PRODUÇÃO da Extração Vegetal e Silvicultura 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/mocajuba/pesquisa/16/12705?detalhes=true>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

PRODUÇÃO Pecuária Municipal (PAM), 2005 a 2015. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam>> Acesso em: 20 jun. 2017.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A ; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008.

RICHARDS, J.A., JIA, X. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 4ª Ed., 439 p., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

SHIMABUKURO, Y; PONZONI, F. Mistura Espectral – modelo linear e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

SOUZA, A.R. Economia e Natureza: Padrões de uso e cobertura da terra associados a atividades agropecuárias e extrativistas de comunidades do Sudoeste do Pará. **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2016.

SOUZA, A. R.; ESCADA, M. S. I.; VENEZIANI, G. S.; MONTEIRO, A. M. Cartografia do Açaí: Representação Espacial de Áreas Potenciais de Ocorrência de Açaí no Baixo Tocantins, Nordeste do Pará. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2018.

TERRACLASS. **Projeto Terraclass 2014**. São José dos Campos: INPE, 2014. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php

TURNER, B. L; MEYER, W.B. Global land-use and land-cover change: An overview. In: Meyer W. e Turner, B. L. ed. **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 3-10, 1994.

VALERIANO, D; ESCADA, M; CÂMARA, G; AMARAL, S; MAURANO, L. RENNÓ, C; ALMEIDA, C; MONTEIRO, A. População e Sustentabilidade – Na era das mudanças ambientais globais. São Paulo: Abep, 2012.