



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA
ASSOCIADA AOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS E
AGRÍCOLAS DE PEQUENA ESCALA NA REGIÃO DO
NORDESTE DO PARÁ: O PERÍODO DE 2004 A 2016.**

Helena Couto Porto

Relatório final de Iniciação Científica,
orientada pela Dra. Maria Isabel Sobral
Escada e Ms. Anielli Rosane Souza.

INPE

São José dos Campos
2020



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA
ASSOCIADA AOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS E
AGRÍCOLAS DE PEQUENA ESCALA NA REGIÃO DO
NORDESTE DO PARÁ: O PERÍODO DE 2004 A 2016.**

Helena Couto Porto

Relatório final de Iniciação Científica,
orientada pela Dra. Maria Isabel Sobral
Escada e Ms. Anielli Rosane Souza.

INPE
São José dos Campos
2020

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados do primeiro ano de pesquisa de iniciação científica sobre os sistemas produtivos associados às atividades extrativistas e agrícolas de pequena escala da região do Baixo Tocantins, localizada no nordeste do estado Pará. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma metodologia para o mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano de 2004, com imagens Landsat, tendo como foco principal classes de agricultura de pequena escala e vegetação secundária, buscando dar visibilidade aos sistemas de produção de pequena escala e/ou extrativistas, cujo mapeamento é inexistente ou realizado de forma inadequada nos atuais sistemas de monitoramento do uso e cobertura da terra da Amazônia. Essas formas de produção são de grande importância social, econômica e ambiental para a região, e, embora sejam de difícil detecção, devem ser melhor representadas. Assim, na primeira etapa deste trabalho foi elaborada uma base metodológica para classificação do uso e cobertura da terra com imagens de satélite, baseada na realização de testes de desempenho de diferentes algoritmos em uma área piloto, localizada no município de Mocajuba. Foram testados três algoritmos semiautomáticos de classificação, baseados em pixel e em regiões: MAXVER, Fatiamento da imagem fração vegetação obtida com Modelo Linear de Mistura Espectral e Bhattachary, para o mapeamento de classes como *vegetação secundária inicial* e *vegetação secundária avançada*. As áreas que não foram mapeadas como *vegetação secundária*, foram incluídas na classe *outros*. Em uma segunda etapa, a classe *outros* foi refinada de onde obteve-se as áreas de agricultura de pequena escala, parte delas correspondendo à classe *mosaico de ocupação* do TerraClass. Para essa classificação foi utilizado o algoritmo de segmentação multiresolução, juntamente com o classificador K-vizinho Mais Próximo (KNN). Os resultados obtidos no mapeamento da vegetação secundária mostraram que o fatiamento da imagem fração vegetação apresentou maiores índices de acertos em relação aos demais, com 70% e 80% de acerto para as classes de *vegetação secundária inicial* e *vegetação secundária avançada*, respectivamente, e exatidão global de 82%. Dessa forma, este algoritmo foi utilizado para a classificação da área de estudo ampliada, que envolve os municípios de Cametá e Mocajuba. Na classificação da agricultura de pequena escala, o classificador KNN foi utilizado e apresentou 80% de acerto para a *agricultura de pequena escala*, com exatidão global de 86%. O resultado mostrou um bom desempenho do classificador, porém, o custo de aprendizagem se mostrou alto, necessitando da realização de testes para definição de parâmetros de área, forma, textura, entre outros. Para reduzir o custo operacional serão realizados testes com outros classificadores que requerem um menor número de parâmetros e posterior avaliação de seu desempenho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo geral	3
1.2 Objetivos específicos.....	4
2 ÁREA DE ESTUDO	4
3 METODOLOGIA.....	6
3.1 Materiais	6
3.2 Métodos.....	7
3.2.1 Mapeamento da vegetação secundária inicial e vegetação secundária avançada.	9
3.2.2 Mapeamento da agricultura anual de pequena escala utilizando segmentação multiresolução e classificador K-Vizinho Mais Próximo (KNN) ..	10
3.2.3 Avaliação das classificações	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4.1 Resultados parciais	11
4.2 Resultados finais.....	18
5 CONCLUSÃO/ PRÓXIMOS PASSOS	19
BIBLIOGRAFIA	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Área de estudo.....	5
Figura 2.2 - Área piloto pela imagem do TM/Landsat-5.....	5
Figura 4.1 - Classificação da área piloto: MAXVER.	12
Figura 4.2- Classificação da área piloto: Bhattacharya	13
Figura 4.3- Classificação da área piloto: MLME com Fatiamento	14
Figura 4.4 - Classificação da área piloto utilizando KNN.	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Dados de Sensoriamento Remoto.....	6
Tabela 3.2- Classificação Base	8
Tabela 4.1 - Matriz de confusão utilizando MAXVER.....	14
Tabela 4.2 - Matriz de confusão utilizando o classificador Bhattacharya.....	15
Tabela 4.3 - Matriz de confusão utilizando MLME com Fatiamento	15
Tabela 4.4 - Tabela para comparação entre classificadores adotados para classificação da vegetação secundária inicial e avançada.....	16
Tabela 4.5 - Matriz de confusão utilizando segmentação multiresolução e classificador KNN.....	17

1 INTRODUÇÃO

O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, estimativas de taxas anuais de desmatamento na região que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas e de combate ao desmatamento. As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite o ano. A taxa anual de desmatamento PRODES tem sido usada como indicador para a proposição de políticas públicas e para a avaliação da efetividade de suas implementações (INPE, 2019).

Atualmente, observa-se uma tendência crescente da taxa de desmatamento, desde 2012, chegando a mais de 10.000 km² em 2019. Nas últimas décadas, entretanto, a taxa de desmatamento de 2004, foi a segunda mais alta estimada pelo Prodes. Neste ano, o estado do Pará apresentou 8.870 Km² de áreas desmatadas, perdendo apenas para o estado do Mato Grosso, que apresentou taxa de desmatamento de 11.814 Km² (INPE, 2019). As altas taxas desse período levaram a formulação e implementação de inúmeras ações de combate e controle do desmatamento, com ênfase na fiscalização e punição dos municípios e responsáveis pelos desmatamentos ilegais. Em 2004 foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), com pelo menos dois eixos que apresentavam diretrizes e ações em relação ao ordenamento fundiário e territorial o monitoramento e Controle Ambiental. Um terceiro eixo foi estabelecido, de fomento às atividades produtivas sustentáveis. Esse eixo foi pouco desenvolvido. Entretanto, sabe-se que atividades agrícolas e extrativistas são extremamente importantes para as populações amazônicas e para sua a economia. Almeida (2010) estima que mais de 60% da economia dos municípios da região de Baixo Tocantins se relacionam com essas atividades (ALMEIDA, 2010), mostrando a importância do incentivo às produções que se mostram ambientalmente mais sustentáveis e socialmente inclusivas, como os sistemas agroflorestais e extrativistas.

A região, de uma forma geral, apresenta pelo menos duas dinâmicas distintas. A de terra firme em que predomina o cultivo de mandioca para a produção de farinha, e em menor extensão, o cultivo da pimenta, enquanto que a região das ilhas e das

várzeas conta com o açaí como principal produto, produto este consumido em larga escala pela população local e crescentemente valorizado no mercado externo, devido as suas propriedades nutricionais.

Segundo Almeida (2009) a compreensão do padrão espacial do uso e cobertura da terra é essencial para estudos ambientais assim como para a concepção e acompanhamento de políticas direcionadas ao controle e monitoramento do uso da terra. No entanto, observa-se a ausência, ou o pouco conhecimento sobre as áreas relativas aos usos da terra associados com produções de pequena escala e extrativistas. O Projeto TerraClass, por exemplo, mapeia os usos e coberturas da terra das áreas desmatadas da Amazônia Legal identificadas pelo PRODES. A área mínima de mapeamento de ambos programas é de 6,25 hectares e, por isso, muitas áreas de pequenas produções agrícolas e extrativistas são inseridas em classes mistas como mosaico de ocupação e vegetação secundária, ficando pouco visíveis, dificultando a análise de sua distribuição espacial e dinâmicas temporais.

O TerraClass opera com 12 classes temáticas, dentre elas, *vegetação secundária e mosaico de ocupação*. Segundo Almeida (2016), a vegetação secundária ocorre áreas que já foram previamente desmatadas e que no momento do mapeamento encontravam-se em regeneração, podendo apresentar árvores e arbustos. Parte dessas áreas podem ter sido utilizadas para a silvicultura, agricultura permanente, temporária ou pecuária, apresentando espécies exóticas ou não. Nessa classe estão incluídas áreas de vegetação secundária em estágios iniciais e avançados. A vegetação secundária avançada representa áreas nas quais a vegetação já se recuperou e tem cobertura e fisionomia semelhante à florestal. Nessas áreas e em áreas de floresta primária, em ambientes específicos, como ilhas e várzeas, pode-se encontrar potencialmente áreas de ocorrência de açaí, em que as atividades extrativistas predominam. Fato semelhante ocorre em área mapeadas como mosaico de ocupação, que representam uma classe mista, composta por várias classes, como vegetação secundária, pasto limpo, pasto sujo, área urbana, agricultura anual de pequena escala e outros, conforme apresenta o trabalho de Souza et al., (2019). As áreas de vegetação secundária são de grande importância na delimitação, não só no mapeamento de áreas potenciais de ocorrência de açaí, mas também dos sistemas produtivos de pequena escala, principalmente os associados a produção de mandioca. Essas áreas fazem parte do ciclo de produção

e representam fases de pousio, que podem apresentar períodos de tempo variáveis, e tem como finalidade a recuperação da fertilidade do solo. Posto isso, para dar visibilidade aos padrões espaciais da vegetação secundária e para melhor representar as atividades de produção de pequena escala, dentro da classe mosaico de ocupações, é necessário realizar o mapeamento desta classe. Para isto, para testar o desempenho do mapeamento dessas classes, utilizou-se os algoritmos semiautomático como o MAXVER, Bhattacharya e Fatiamento da Imagem fração vegetação obtida com Modelo Linear de Mistura Espectral para o mapeamento da vegetação secundária e o algoritmo K-Vizinho Mais Próximo (KNN) para o mapeamento da agricultura de pequena escala.

As classificações e testes foram realizadas para uma área piloto, entretanto, devido a pandemia do COVID-19 e ao regime de isolamento social adotado, foi necessária a readaptação da dinâmica do trabalho, de forma que, em consequência da impossibilidade da orientação presencial e do acesso restrito aos recursos computacionais e de softwares de licença proprietária do INPE, como o Ecognition, a metodologia não pode ser aplicada para a área de estudo como um todo. Essa limitação impediu que as análises temporais com os dados pré-existentes de 2014 e 2016, fossem realizadas. Outras atividades estão sendo realizadas como a organização de bases de dados de campo, que serão utilizadas na fase de avaliação da classificação, na prorrogação deste projeto.

1.1 Objetivo geral

Considerando que grande parte da população Amazônica depende da economia de pequena escala e extrativista, e o fato de que as classes de uso e cobertura da terra associadas a essas atividades não tem 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 e parte de Baião, região do Baixo Tocantins, situada no Nordeste do Pará. O mapeamento é realizado para o ano de 2004. Para os anos de 2014 e 2016 serão utilizadas as bases de dados desenvolvidos por Santos (2018) e Souza et al., (2019).

1.2 Objetivos específicos

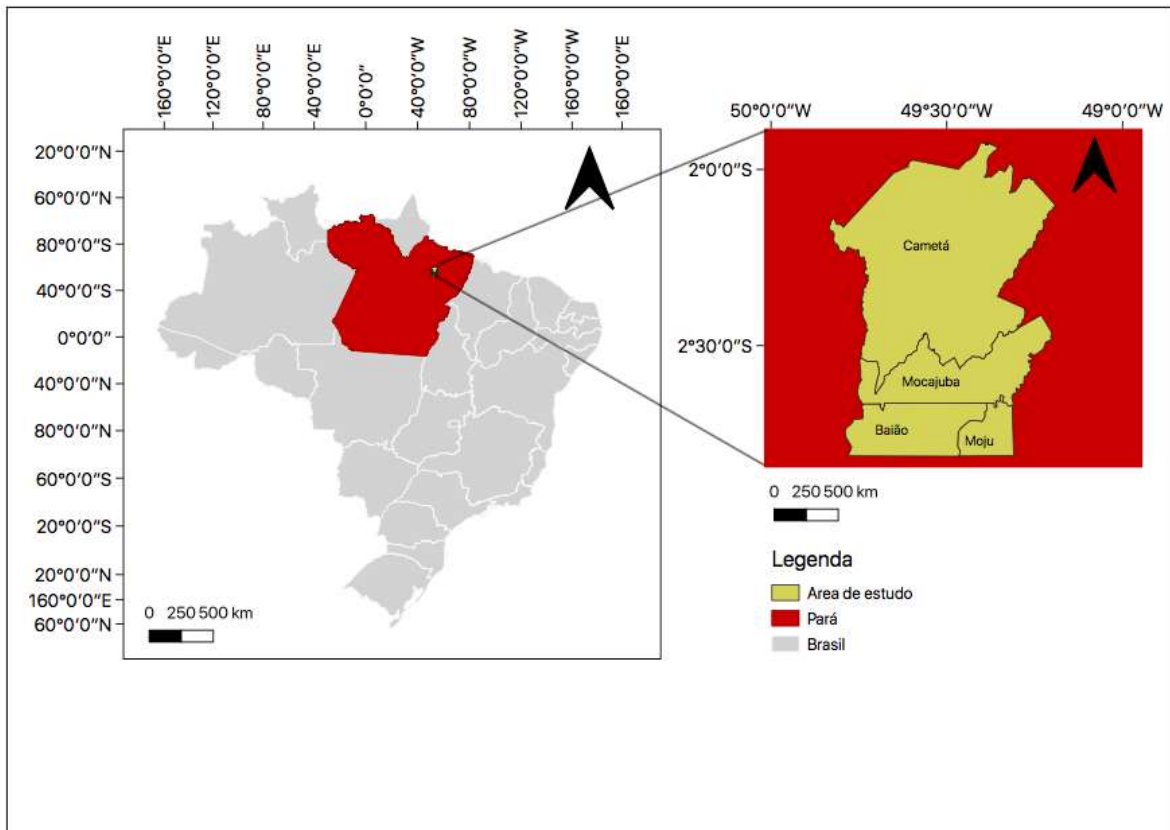
Considerado objetivo geral foram definidos 4 (quatro) objetivos específicos:

1. Aplicar método desenvolvido por Souza et al (2019) e para refinamento do TerraClass a partir da classificação do uso e cobertura da terra do ano de 2004 na área de estudo, dando ênfase às classes de vegetação secundária inicial, vegetação secundária avançada e agricultura anual de pequena escala.
2. Refinar o dado do TerraClass de 2004 para inserir as classes vegetação secundária inicial e secundária avançada e agricultura anual de pequena escala e, juntamente com o mapeamento de áreas de baixo e de várzea, identificar áreas potenciais de ocorrência de açaí com imagens Landsat;
3. Mapear áreas potenciais de ocorrência de açaí a partir do cruzamento de mapas de uso e cobertura da terra de 2004 com áreas de várzea e de baixo, obtidas com os dados do SRTM e com o HAND, com metodologia estabelecida por Santos (2018);
4. Analisar as dinâmicas de uso e cobertura da terra na região, tendo como base os mapeamentos gerados para os anos de 2004, 2014 e 2016.

2 ÁREA DE ESTUDO

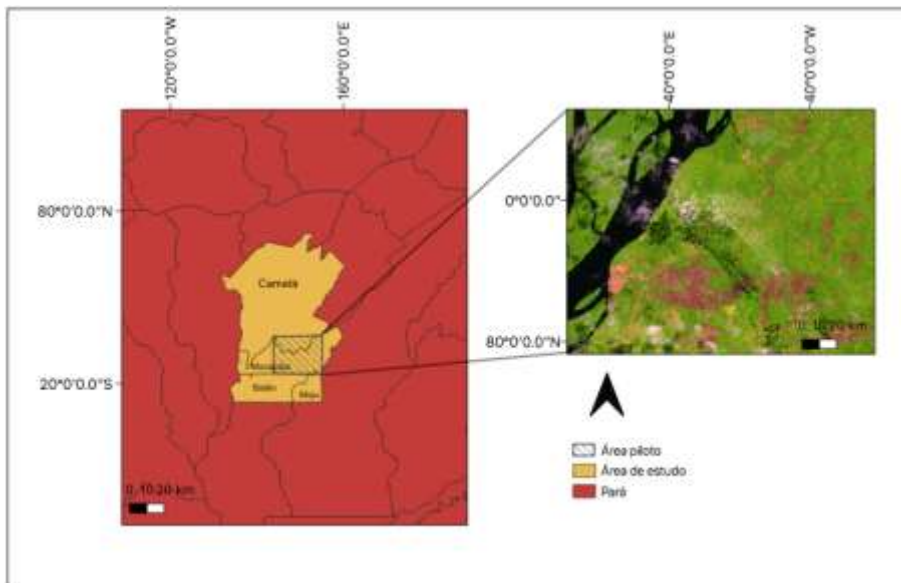
A área de estudo do trabalho compreende uma cena do satélite Landsat-5, identificada pela órbita-ponto 224-62, localiza-se na porção Nordeste do estado do Pará, conhecida como baixo Tocantins, delimitada pelos municípios de Mocajuba, Cametá e parte de Baião e Moju, como representado na Figura 2.1. No entanto, nesta primeira parte do projeto foi utilizada apenas uma pequena área desta região, área piloto, com o intuito de estabelecer uma base metodológica aplicável para toda a região. A área piloto inclui territorialmente a maior parte da área da cidade de Mocajuba Figura 2.2.

Figura 2.1- Área de estudo



Fonte: Própria

Figura 2.2 - Área piloto pela imagem do TM/Landsat-5



Fonte: Própria

O estado do Pará possui 1.245.870,798 km² de área territorial, população estimada de 8.602.865 pessoas e densidade demográfica de 6,07 hab/km². As cidades que compõem a área de estudo, Cametá, Mocajuba, Baião e Moju possuem respectivamente 3.081,367 km², 871,171 km², 30,70 hab/km² e 9.094,139 km² de área territorial (IBGE, 2019).

A cidade de Mocajuba possui 31.136 habitantes e apresenta densidade demográfica de 30,70 hab/km² (IBGE, 2019). De acordo com o censo agropecuário IBGE, 2017, na cidade existem 3.213 hectares de lavouras permanentes, na qual está incluso lavouras de açaí, cacau e pimenta do reino, 2.118 hectares de lavouras temporárias, incluindo arroz, mandioca, milho e feijão por exemplo, e 39 hectares dedicados ao cultivo de flores. Segundo o mesmo censo, a cidade tem 710 estabelecimentos agropecuários de 50 pés ou mais de açaí, cada um com área média colhida em torno de 819 hectares e média de 1.784 toneladas produzidas. Para o cacau e a pimenta do reino, os números são um pouco menores, registrando 433 estabelecimentos de cacau com média de 616 hectares colhidos e 239 toneladas produzidas por estabelecimento e 312 estabelecimentos de pimenta-do-reino com média de 31 hectares de área colhida e 348 toneladas de pimenta produzidas por estabelecimento. A produção de mandioca como lavoura temporária se destaca na região atingindo 939 estabelecimentos com 50 pés ou mais, com média de 1.127 hectares cada e 7.031 toneladas de mandioca produzida por estabelecimento. (IBGE, 2017)

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta os materiais e métodos utilizados para mapeamento das classes vegetação secundária inicial, vegetação secundária avançada e agricultura anual de pequena escala para a área piloto selecionada.

3.1 Materiais

Foram utilizados diferentes dados derivados do sensoriamento remoto. Estes dados estão descritos na Tabela 3.1:

Tabela 3.1- Dados de Sensoriamento Remoto

Tipos de dados	Dados	Ano	Fonte
Sensoriamento Remoto	Imagens do TM/Landsat -5	2004	INPE (2004)
	Imagens do Google Earth	2000 e 2004	Distribuída pela Agência espacial Francesa Centre National d'Études Spatiales- CNES
Temáticos	Uso e cobertura da terra do TerraClass	2004	
Cartográficos	Limites municipais	2010	IBGE

3.2 Métodos

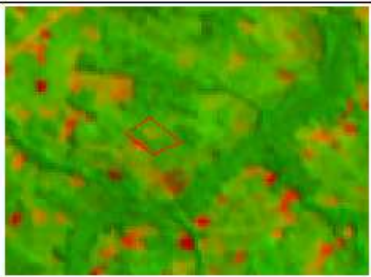

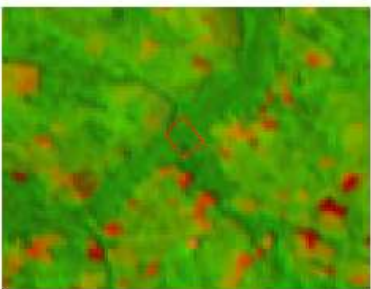

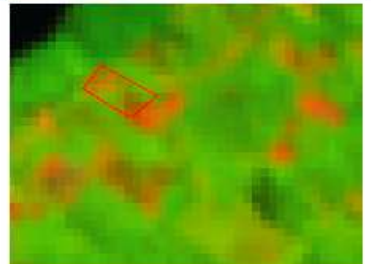
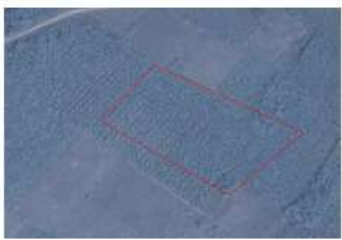
A abordagem metodológica utilizada para o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra está dividida em duas grandes etapas e foram realizadas para uma área piloto, apresentada na Figura 2.2. Na primeira etapa do processamento foram testados 4 classificadores distintos, a fim de testar seus desempenhos e baseada, nesses resultados, construir uma metodologia para classificação das áreas mapeadas como vegetação secundária em 2004 para a área de estudo. O objetivo desta etapa foi separar as áreas em estágio inicial e avançado, compondo duas classes as quais estão denominadas neste trabalho de vegetação secundária inicial e vegetação secundária avançada.

Para o mapeamento, foi utilizada a imagem do TM/Landsat-5 (resolução espacial 30m) de 2004 e as bandas 4 (vermelho), 5 (infravermelho) e 6 (infravermelho médio), para a qual foram testados 4 classificadores distintos, configurando duas abordagens diferentes. Na primeira abordagem foram mapeadas as classes vegetação secundária inicial e vegetação secundária avançada utilizando os classificadores de *Máxima Verossimilhança* - MAXVER (classificação supervisionada "pixel a pixel"), Bhattacharya (classificação supervisionada por região) e *Fatiamento sobre a imagem fração vegetação gerada com o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME)*. Estes classificadores foram escolhidos por

serem os mais comumente utilizados. Na segunda abordagem realizou-se o mapeamento da *agricultura anual de pequena escala* levando em consideração a área de mosaico de ocupação e vegetação secundária definidas pelo Terra Class. Para as classificações foram utilizadas segmentação multiresolução e o classificador K-Vizinho Mais Próximo. A escolha desta metodologia foi baseada no trabalho desenvolvido por Souza et al, 2019. Neste trabalho os autores testaram diferentes classificadores para identificação das áreas de **agricultura anual de pequena** escala utilizando imagens do REIS-RapidEye-2 também na região de Mocajuba.

Para a coleta de amostras de treinamento dos classificadores foi utilizada uma chave de classificação (Tabela 3.2), comparando a imagem Landsat-5 com imagens de alta resolução espacial da agência espacial francesa centre National d'Études Spatiales – CNES dos anos de 2004 e 2005 distribuída na plataforma Google Earth Pro.

Tabela 3.2- Classificação Base

	Qgis	Imagens do Google Earth Pro	Ano
<i>Vegetação Secundária Inicial</i>			2004
<i>Vegetação Secundária Avançada</i>			2004
<i>Agricultura de Pequena Escala</i>			2005

3.2.1 Mapeamento da vegetação secundária inicial e vegetação secundária avançada.

O primeiro classificador utilizado para o mapeamento foi o MAXVER. Este é um classificador “pixel a pixel” e as amostras foram coletadas, considerando cada uma das classes com base na Imagem TM/Landsat-5 e na chave de classificação. Coletou-se amostras que correspondem a 921 pixels amostrais da classe vegetação secundária inicial e 1.065 pixels amostrais da classe vegetação secundária avançada. Com essa base de amostras de treinamento obteve-se a classificação resultante das respectivas classes para o ano de 2004.

Posteriormente foi utilizado o classificador Bhattacharya. Por ser um classificador por região, exige uma segmentação para estabelecer regiões homogêneas na imagem. Então, a imagem foi segmentada pelo método de crescimento por regiões a partir de dois parâmetros, similaridade e de área. Para similaridade definiu-se o valor cinco e uma área mínima de cinco pixels de inclusão para o parâmetro área.

Estes valores foram definidos empiricamente e com base nos relatórios publicados pelo TerraClass (EMBRAPA e INPE, 2008), com o objetivo de minimizar o máximo possível a confusão entre as classes. As amostras totalizaram 4.173 pixels da classe *outros*, 4.143 pixels amostrais da classe *vegetação secundária inicial* e 4.227 pixels amostrais da classe *vegetação secundária avançada*. Assim, foi obtido o mapa dessas classes a partir da segmentação por crescimento de regiões e com o uso do classificador Bhattacharya.

O Fatiamento da imagem fração vegetação obtida com o MLME com foi a terceira abordagem testada. Essa metodologia está baseada na abordagem de classificação adotada no projeto TerraClass (EMBRAPA e INPE, 2008; ALMEIDA et al., 2016). A partir do MLME foram geradas 3 (três) imagens-frações formadas a partir da coleta de pixels puros de vegetação, solo e sombra para a formação de cada fração. Em seguida, utilizando a fração vegetação, definiu-se de forma empírica os limiares de fatiamento para os dois estágios da vegetação e para a classe *outros*, de forma a separar a vegetação secundária inicial da vegetação secundária avançada, obtendo-se, assim, o mapa de vegetação secundária.

3.2.2 Mapeamento da agricultura anual de pequena escala utilizando segmentação multiresolução e classificador K-Vizinho Mais Próximo (KNN)

A segunda abordagem utilizada, correspondeu a classificação da classe de *agricultura anual de pequena escala*. Esta abordagem é importante, pois busca preencher uma lacuna dos mapeamentos de uso e cobertura da terra da Amazônia, uma vez que essa classe não está contemplada nos atuais sistemas de monitoramento da Amazônia (TerraClass, IBGE, MapBiomas) (Souza et al, 2019). Esta classe representa as culturas de pequena escala, como mandioca e pimentão-do-reino, que temos interesse em identificar, devido sua relevância econômica, observadas pelo consumo, produção e comércio local.

Como essas culturas apresentam um comportamento espectral que se assemelha a vegetação secundária inicial, faz-se necessário utilizar um classificador que considere outros atributos. Sendo assim, foi-se utilizada a segmentação multiresolução que embora seja obtida por um algoritmo de crescimento de regiões, este segmentador incorpora outros atributos como, forma, cor, suavidade e

compacidade. Esta segmentação leva em consideração a uniformidade e o tamanho dos objetos, sendo, por isso, mais completa. Sendo assim, para a segmentação *multiresolução* foram utilizados os valores de 0,6 para *forma*, 0,4 para a *cor*, por serem atributos complementares e 0,5 para compacidade e suavidade.

A partir das amostras de treinamento selecionadas foi aplicado o classificador KNN, utilizando os parâmetros de brilho, média das bandas espectrais, atributos de forma, textura, cor, espessura, desvio padrão, densidade, comprimento e largura. A escolha destes parâmetros se deu através do trabalho de Souza et al., 2019. Com estas aplicações mapeou-se *agricultura anual de pequena escala*.

Com o resultado das duas abordagens, obteve-se um mapa de uso e cobertura da terra com as classes de *vegetação secundária inicial*, *vegetação secundária avançada* e *agricultura anual de pequena escala*.

3.2.3 Avaliação das classificações

Para avaliação das classificações foram gerados 30 pontos aleatórios representando cada classe, considerando as quatro metodologias utilizadas. A identificação das classes dos polígonos de cada ponto amostrado foi verificada a partir das imagens da agência espacial francesa centre National d'Études Spatiales – CNES expostas na plataforma Google Earth Pro e da imagem TM/Landsat-5 de 2004. Com os resultados obtidos gerou-se uma matriz de confusão, onde foi verificado os erros e acertos de cada classes e a exatidão global.

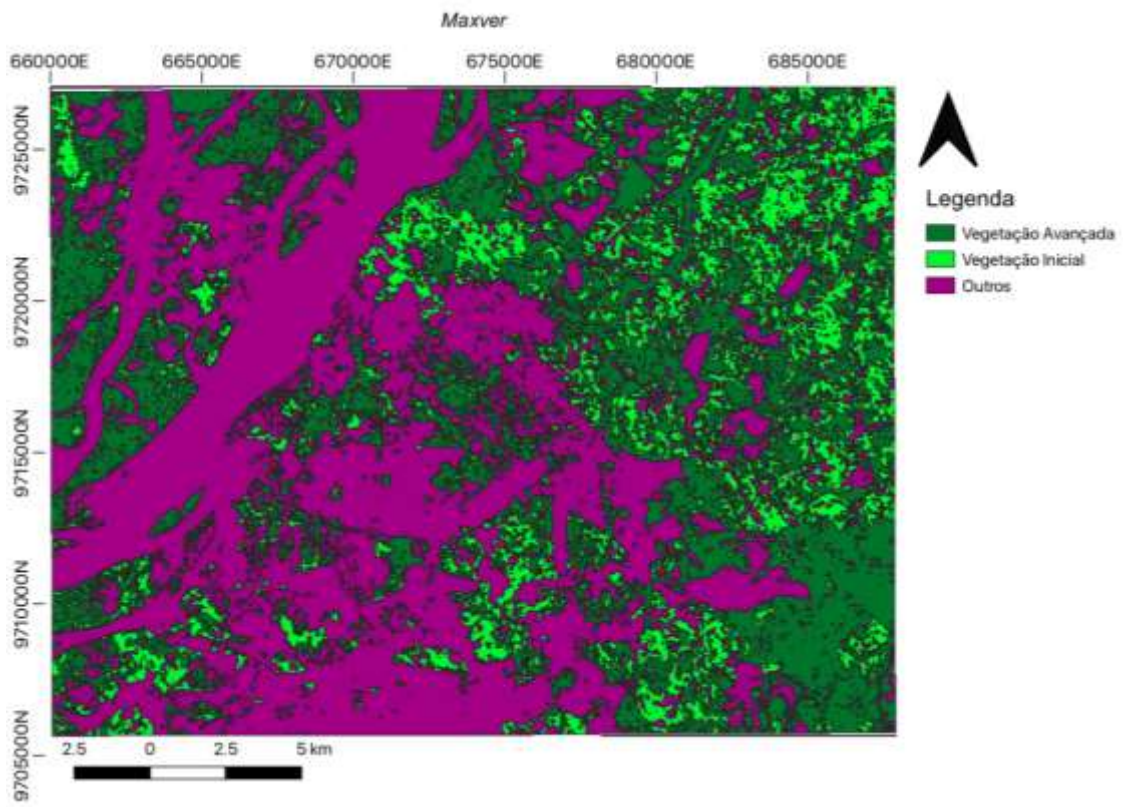
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados parciais

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com cada abordagem metodológica e análises preliminares. O mapeamento do uso e cobertura da terra é essencial para a compreensão dos padrões da paisagem, dinâmica territorial e para pensar políticas de planejamento econômico regional.

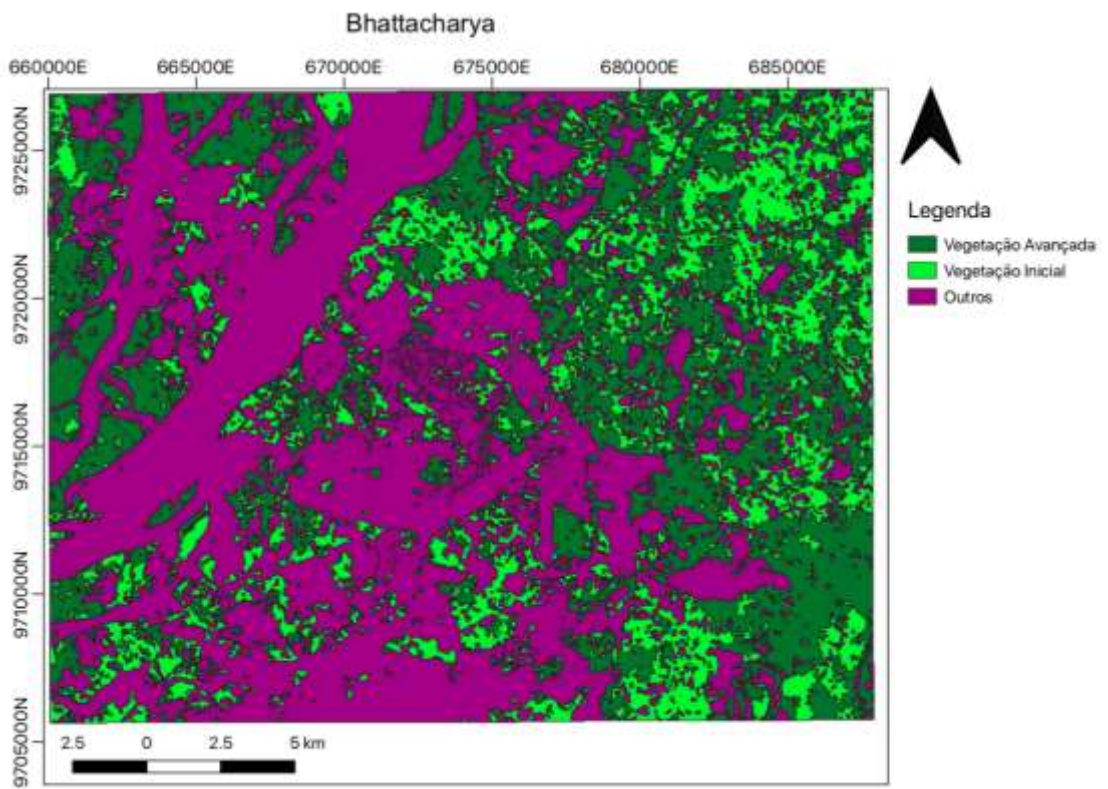
O resultado das classificações obtidas através dos classificadores MAXVER, Bhattacharya e Fatiamento da fração vegetação do MLME estão representados pelas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3 abaixo.

Figura 4.1 - Classificação da área piloto: MAXVER.



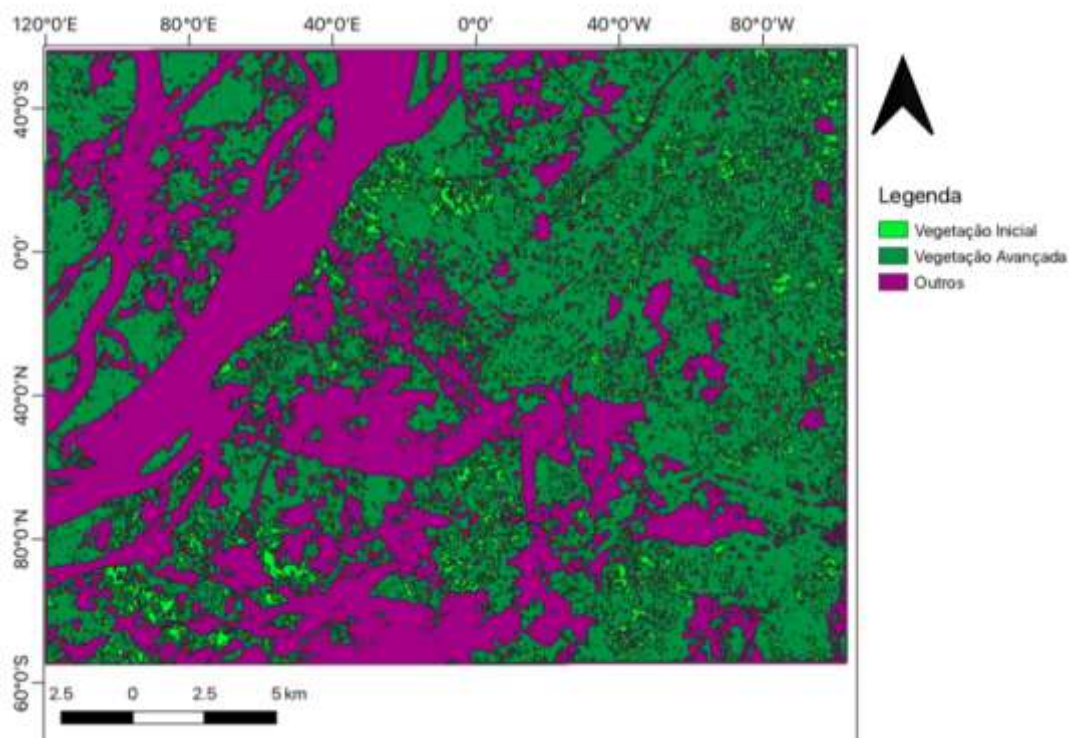
Fonte: Própria

Figura 4.2- Classificação da área piloto: Bhattacharya



Fonte: Própria

Figura 4.3- Classificação da área piloto: MLME com Fatiamento



Fonte: Própria

A avaliação dos resultados para cada mapeamento pode ser obtida a partir da Tabela 4.1, 4.2 e 4.3 a partir da matriz de confusão. A partir da Matriz de confusão foi calculado a exatidão global de cada mapeamento obtendo valores de 77% para o classificador *MAXVER*, 61% para o *Bhattacharya* e 88% para o *MLME* com *Fatiamento*.

Tabela 4.1 - Matriz de confusão utilizando MAXVER.

%	Vegetação secundária inicial	Vegetação secundária avançada	Outros
Vegetação secundária inicial	60	33,3	6,7
Vegetação secundária	6,7	86,7	6,7

avançada			
Outros	0	13,3	86,7

Tabela 4.2 - Matriz de confusão utilizando o classificador Bhattacharya.

%	Vegetação secundária inicial	Vegetação secundária avançada	Outros
Vegetação secundária inicial	50,0	16,7	33,3
Vegetação secundária avançada	26,7	53,3	20,0
Outros	3,30	13,3	80,0

Tabela 4.3 - Matriz de confusão utilizando MLME com Fatiamento

%	Vegetação secundária inicial	Vegetação secundária avançada	Outros
<i>Vegetação secundária inicial</i>	70,0	23,3	3,3
<i>Vegetação secundária avançada</i>	6,7	80,0	16,7
<i>Outros</i>	0,0	3,3	96,7

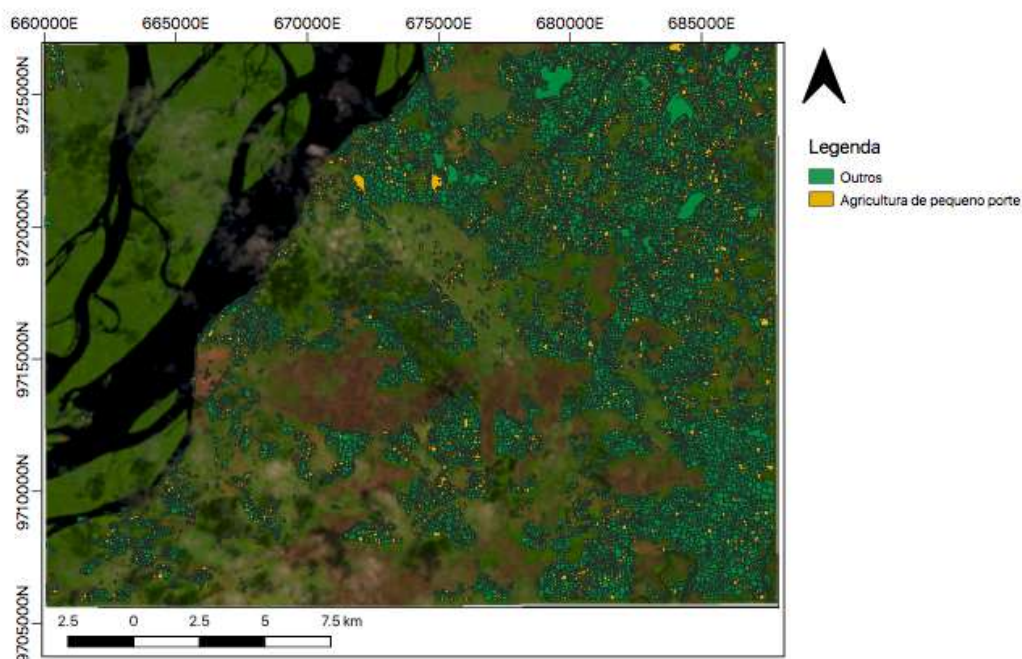
Para análise do resultado das classificações e a comparação com as imagens de alta resolução do Google Earth Pro, utilizadas como referência, e a imagem TM/Landsat-5, foi elaborada a Tabela 4.4 que apresenta uma síntese das vantagens e desvantagens dos classificadores utilizados, considerando a possibilidade de aplicação de uma metodologia que se adeque ao contexto da área de estudo.

Tabela 4.4 - Tabela para comparação entre classificadores adotados para classificação da vegetação secundária inicial e avançada.

Classificadores	Pontos Positivos	Pontos Negativos
MAXVER	Método simples de se aplicar	A coleta amostral muito demorada
Bhattacharya	Como a imagem é segmentada por regiões anteriormente, a coleta de amostras é fácil e rápida	A segmentação mistura muitos valores de pixels, o que prejudica o resultado
Fatiamento com a fração vegetação do MLME	Não é necessário realizar coleta de amostras	Obtenção dos limiares é decorrente de procedimentos empíricos, o que demanda tempo e atenção

Os resultados da classificação das áreas de agricultura de pequena escala, derivados do classificador KNN é apresentado na Figura 4.4. A Tabela 4.5 apresenta a matriz de confusão.

Figura 4.4 - Classificação da área piloto utilizando KNN.



Fonte: Própria

Tabela 4.5 - Matriz de confusão utilizando segmentação multiresolução e classificador KNN.

%	Agricultura pequena escala	Outros
Agricultura de pequena escala	80	20
Outros	6,7	93,3

A partir da matriz de confusão obteve-se uma exatidão global de 86%. Apesar dos altos índices de acerto obtidos com os resultados apresentados percebe-se ainda assim uma dificuldade de detectar algumas áreas de *agricultura de pequena escala*. Isso ocorre principalmente porque a resolução espacial da imagem Landsat-5 é de 30 m, o que significa que para áreas pequenas, como é o caso da agricultura realizada na região, ocorrem pixels mistos e, por essa razão, a identificação e classificação destas pequenas áreas torna-se difícil. Vale ressaltar também que no Google Earth Pro também é mais difícil de identificar as manchas de *agricultura de pequena escala*, devido a dificuldades de visualização, especialmente em áreas

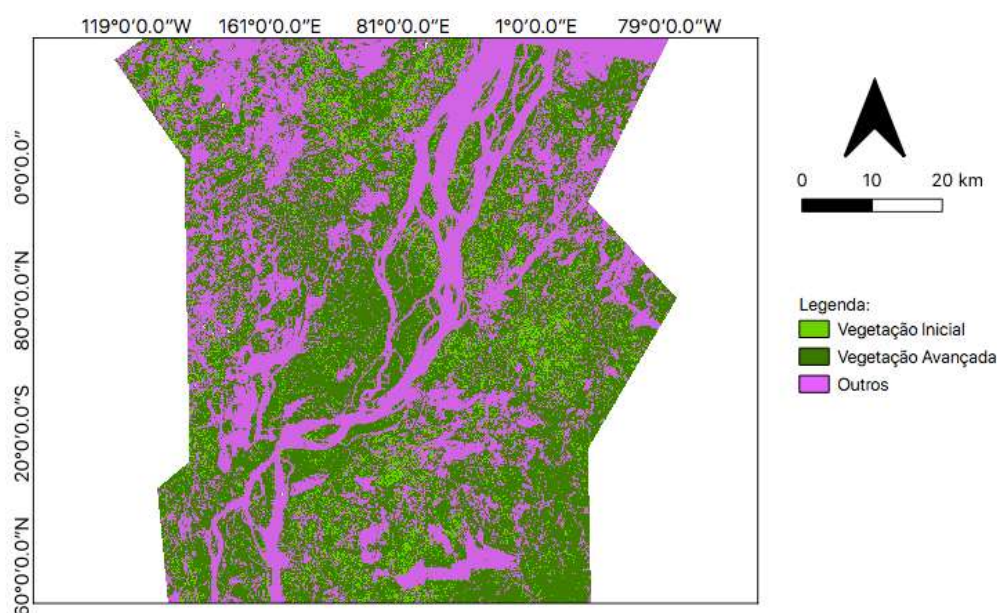
muito pequena. Em decorrência destas questões, a viabilidade de utilização deste classificador ainda será avaliada nas próximas etapas do trabalho, tendo como referência dados coletados em trabalhos de campo realizados no período de 2016 a 2019 e imagens de drone.

4.2 Resultados finais

A partir da análise da Tabela 6 e dos resultados obtidos pelas matrizes de confusão da etapa de mapeamento da vegetação secundária inicial e vegetação secundária avançada, conclui-se que o Fatiamento a fração vegetação do MLME obteve um resultado mais coerente a realidade. Apesar de demandar muito tempo e requerer muita atenção e análise na hora de estabelecer os limiares espectrais que correspondem as classes, uma vez que a obtenção dos limiares é decorrente de procedimentos empíricos, o que demandando tempo e atenção, não é necessário realizar coletas de amostras, o que o torna operacionalmente mais rápido, uma vez que se deseja mapear uma grande área. Sendo assim, além de ter um custo operacional menor, este classificador foi que apresentou resultados melhores para o mapeamento das áreas de *vegetação secundária inicial* e *vegetação secundária avançada*.

Desta forma, O fatiamento a partir da fração vegetação gerada pelo MLME foi utilizado para a classificação da área de estudo ampliada deste trabalho, que envolve os municípios de Cametá e Mocajuba. O resultado obtido está ilustrado na figura 4.5.

Figura 4.5 - Classificação da área piloto: MLME com Fatiamento



5 CONCLUSÃO/ PRÓXIMOS PASSOS

O presente relatório demonstrou que dentre os três classificadores testados para distinguir vegetação secundária inicial da avançada, o fatiamento da fração sombra do MLME foi o que apresentou melhor desempenho para o mapeamento de uso e cobertura de terra do ano de 2004. Além disso, o classificador KNN e seus atributos ainda serão testados e avaliados para que seja utilizado na próxima etapa.

Em suma, esta primeira etapa foi de extrema importância para o estudo pois, como os testes, pudemos desenvolver uma metodologia para mapeamento de uso e cobertura da terra que foi utilizada para o mapeamento da área de estudo ampliada que envolve, além de Mocajuba, os municípios de Cametá e parte de Mojú e Baião. As classificações geradas estão sendo avaliadas, para que se possa calcular a exatidão global e, caso essa seja positiva, seguir para os próximos passos.

Ressalta-se também que o cronograma estabelecido no plano de trabalho foi afetado devido ao isolamento social imposto pela atual pandemia. Com isso, além da impossibilidade da orientação presencial, o acesso aos recursos computacionais e de softwares de licença proprietária do INPE foi inviabilizado, o que impossibilitou aplicar a metodologia desenvolvida para a área ampliada. Atividades relativas a organização de dados de campo, bem como a elaboração de metodologias para a

classificação dos dados obtidos com drone em 2019 estão em andamento, e serão importantes para a avaliação da classificação da área de estudo como um todo.

BIBLIOGRAFIA

SOUZA, A. R de; ESCADA, M. I. S.; MARUJO, R; MONTEIRO, A. M. V (2019). Cartografia do Invisível: Revelando a Agricultura de Pequena Escala com Imagens Rapideye na Região do Baixo Tocantins, Pa. Revista Do Departamento De Geografia, 38, 137-153.

ALMEIDA, C. A. DE et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. Acta Amazonica, v. 46, n. 3, p. 291–302, set. 2016.

ALMEIDA, R. Amazônia, Pará e o mundo das águas do Baixo Tocantins. Estudos Avançados, v. 24, n. 68, p. 291–298, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/mocajuba/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 08 de mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). Dados TerraClass. São José dos Campos: TERRACLASS, 2014. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php. Acesso em: 10 de mar. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): Balanço da 3a Fase (2012-2015). Brasília, 2013. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAm%203%20fase_Balanco_versao%20BETA.pdf. Acesso em: 08 de jul. 2020.