



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DANIELE CRISTINA DE BRITO LIMA SOARES

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE AÇAIZAL NO CONTEXTO DO USO
DA TERRA EM ÁREAS NATIVAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Belém/PA
2021

DANIELE CRISTINA DE BRITO LIMA SOARES

**OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE AÇAIZAL NO CONTEXTO DO
USO DA TERRA EM ÁREAS NATIVAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, para obtenção do grau de Doutora.

Orientadora: Profa. Dra. Herdjanira Veras de Lima.

Coorientadora: Profa. Dra. Suzana Romeiro Araújo.

Belém/PA
2021

DANIELE CRISTINA DE BRITO LIMA SOARES

**OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE AÇAIZAL NO CONTEXTO DO
USO DA TERRA EM ÁREAS NATIVAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia: área de concentração Manejo e Conservação de Recursos Ambientais para obtenção do título de Doutora.

Data da aprovação: 09/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Herdjanía Veras de Lima - Presidente
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Profa. Dra. Suzana Romeiro Araújo – Coorientadora
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Antônio Clementino dos Santos - 1º Examinador
Universidade Federal Do Tocantins - UFT

Prof. Dr. Michel Keisuke Sato - 2º Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA

Profa. Dra. Silvana do Socorro Veloso Sodré - 3º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Profa. Dra. Decíola Fernandes de Sousa - 4º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por me guiar sempre no caminho correto e proteção nos momentos difíceis da minha vida;

As minhas mães Eli Farias e Ana Célia por serem minha base e estarem sempre ao meu lado;

Ao meu esposo João Almiro, aos filhos Julia Soares e João Almiro Junior, pelo amor, compreensão e não medirem esforços no apoio do doutorado;

Às minhas irmãs/primas Luciana Alcântara, Jessica Rocha, Juliana Rocha, Luane Dias, Leydiane Dias e irmão Moises Araújo por me apoiarem e incentivarem nos estudos;

À professora e Orientadora, Dra. Herdjania Veras de Lima pela confiança e oportunidade essencial ao meu desenvolvimento ao longo desses anos de estudo.

À professora e coorientadora, Dra. Suzana Romeiro pelas orientações e incentivo que sempre iria dar certo;

À todos meus amigos do PGAgro, em especial ao grupo de Física do Solo, Adriano, Peola, Inê, Aline, Daynara, Nayra, Ana e ao prof. Robson Carrera. Amigos e alunos do LAGAM, Artur, Rodrigo, Jessica, Andrea e Patrick, todos foram de fundamental importância;

Aos técnicos do laboratório de Química do solo, Jeferson e Almarir pela paciência e ensinamentos neste estudo e a amiga Nena pelo carinho e por sempre me ajudar em tudo que possível ao PGAgro;

Aos professores Dr. Antônio Clementino dos Santos, Dra. Silvana do Socorro Veloso Sodrê, Dra. Decíola Fernandes de Sousa e Dr. Michel Keisuke Sato, pela participação na banca e pelas contribuições na melhoria do trabalho;

À Todos os docentes Alex, Suziane, Drielson, Leydilene, Adriano, Artur, Trindade e Socorro e a todos que foram presentes em meus estudos dentro da Universidade Federal Rural da Amazônia;

Aos produtores extrativistas do município de Igarapé-Miri, pelo carinho e boa recepção nas comunidades, em especial ao Sr. Romildo que deu todo apoio em todas as ilhas;

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), representada pelo pesquisador, Arystides Silva, Orivan Teixeira e Jean Pinho pelo apoio e incentivo ao desenvolvimento desta pesquisa

À todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste sonho: O meu doutorado.

Muito obrigada!

Tudo na vida tem seu tempo certo, Deus sabe a hora de levantar todos aqueles que se ajoelharam em nome dele.

O autor.

RESUMO GERAL

O estuário amazônico é formado por extensa rede hidrográfica e ilhas tomadas por florestas de várzeas o que propicia ao açazeiro condições ideais de crescimento. O mapeamento e a determinação da distribuição dos maciços naturais de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) nas várzeas da Amazônia brasileira, sempre foi desafio tanto nas avaliações do potencial de expansão quanto na mensuração produtiva da cultura na região. Assim, o objetivo é mapear e analisar o sistema de várzea produtora de açaí com maior representatividade, nas ilhas de Igarapé-Miri (Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, de modo a caracterizar a dimensão e a distribuição espacial, bem como avaliar as mudanças na paisagem e nos cultivares, correlacionando as ocorrências com as propriedades físico-químicas dos solos de várzea. Nestas ilhas, vivem milhares de famílias de ribeirinhos que praticam o extrativismo do açaí, desenvolvendo suas próprias formas de manejo. O conjunto de estudos aqui desenvolvidos, envolve o mapeamento do uso e cobertura da terra com a identificação dos padrões de açazais, assim como sua distribuição espacial em meio às florestas nativas. Para tanto, foi utilizado o método de classificação não supervisionada, ISODATA, com eficiente identificação e zoneamento de sete classes de uso do solo e cobertura vegetal: Hidrografia, Solo Exposto, Área Urbana, Aluvial, Terras Baixas, Arbóreas e Agricultura. Os maciços foram identificados nas classes Aluvial e Terras Baixas. As ilhas que apresentaram maior porcentagem da classe Aluvial são Mamangal, Buçu e Jarimbu com 70,3%, 69,2% e 63,7%, respectivamente. Os solos mapeados em todas as ilhas apresentaram textura franco argilo siltosa e franco siltosa, além da elevada saturação por bases (acima de 50%), altos teores de matéria orgânica e presença significativa de potássio e fosforo. Através da análise espaço-temporal foi possível observar as variações de algumas classes ao longo de sete anos. A dinâmica de uso e cobertura foi definida por imagens dos satélites RapidEye (5m) e Planet (3m), obtidas nos anos de 2013 e 2019 respectivamente. Foram observados avanços da classe solo exposto em mais de 50% para as ilhas Jarimbu, Mutirão e Itaboca, esta última responsável por mais de 50% em expansão na classe área urbana. Nas cinco ilhas, a classe aluvial, responsável pelas áreas com açazal, despontou nos últimos sete anos com aumento dessas áreas em detrimento da redução da classe arbórea. Para validação dos dados foi utilizado a matriz de confusão, com acurácia média das ilhas avaliadas em muito bom, média de exatidão global 77,74% e média do índice Kappa 0,73 apontando forte concordância com os dados de referência e a classificação. O potencial dos sensores remotos na avaliação das variações ao longo do tempo, produziram mapas precisos de mudanças nas florestas de várzea, mostrando-se eficaz para o auxílio no monitoramento e gestão da biodiversidade.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*, qualidade do solo, sensoriamento remoto, várzea amazônica.

GENERAL ABSTRACT

The Amazon estuary is formed by an extensive hydrographic network and islands covered by floodplain forests, which provide the açai palm tree with ideal growth conditions. The mapping and determination of the distribution of the natural açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) massifs in the floodplains of the Brazilian Amazon has always been a challenge both in assessing the expansion potential and in measuring the production of the crop in the region. Thus, the aim of this study is to map and analyze the most representative açai-producing floodplain system on the islands of Igarapé-Miri (Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão and Buçu), using remote sensing and geoprocessing techniques, in order to characterize the dimension and spatial distribution, as well as evaluate changes in the landscape and cultivars, correlating the occurrences with the physicochemical properties of lowland soils. Thousands of riverine families live on these islands, who practice the extraction of açai, developing their own forms of management. The set of studies developed here involves the mapping of land use and land cover with the identification of açai grove patterns, as well as their spatial distribution in the midst of native forests. For this purpose, the unsupervised classification method, ISODATA, was used, with efficient identification and zoning of seven classes of land use and vegetation cover: Hydrography, Exposed Soil, Urban Area, Alluvial, Lowlands, Arboreal and Agriculture. Massifs were identified in the Alluvial and Lowland classes. The islands with the highest percentage of the Alluvial class are Mamangal, Buçu and Jarimbu with 70.3%, 69.2% and 63.7%, respectively. The soils mapped in all islands showed silty clay loam and silty loam texture, in addition to high base saturation (above 50%), high organic matter content and significant presence of potassium and phosphorus. Through the spatiotemporal analysis it was possible to observe the variations of some classes over seven years. The dynamics of use and coverage was defined by images from the RapidEye (5m) and Planet (3m) satellites, taken in 2013 and 2019, respectively. Advances in the exposed soil class of more than 50% were observed for the Jarimbu, Mutirão and Itaboca islands, the latter responsible for more than 50% of expansion in the urban area class. In the five islands, the alluvial class, responsible for the areas with açais, emerged in the last seven years with an increase in these areas at the expense of the reduction in the arboreal class. For data validation, the confusion matrix was used, with mean accuracy of the islands evaluated as very good, mean global accuracy 77.74% and mean Kappa index 0.73, indicating strong agreement with the reference data and classification. The potential of remote sensing to assess variations over time produced accurate maps of changes in floodplain forests, proving to be effective in helping to monitor and manage biodiversity.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart., qualidade do solo, sensoriamento remoto, várzea amazônica.

LISTA DE FIGURAS

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Figura 1. Distribuição anual das atividades agrícolas em área de várzea para safra e entressafra do açaí.....	15
Figura 2. Detalhes da planta (A.), cachos de frutos (B.), frutos (C.) e polpa de açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) (D)	16
Figura 3. Variação da quantidade em toneladas dos sete estados de maior produção de açaí no Brasil entre 2015 e 2019.....	19
Figura 4. Floresta de várzea.....	21
Figura 5. Ciclo do extrativismo vegetal na Amazônia.....	22
Figura 6. Modificação da capacidade de suporte decorrente do manejo de açazais nativos.....	23
Figura 7. Processo tradicional de uso do ecossistema florestal de várzea do estuário amazônico.....	25
Figura 8. Esquema de técnicas do sensoriamento remoto utilizadas para processamento imagens.....	27
Figura 9. Características dos sistemas RapidEye e Planet.....	28
2. MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁREAS COM AÇAIZAL NATIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.	
Figura 1. Localização da área de estudo, Região das Ilhas – Igarapé-Miri.....	41
Figura 2. Fluxograma da metodologia desenvolvida.....	43
Figura 3. Esquema de representação de coletas das amostras em campo	45
Figura 4. Classificação das 5 ilhas pelo método não supervisionado, utilizando o algoritmo Isodata: (A – Pae Jarimbu; B- Pae Mamangal; C – Pae Itaboca; D -Pae Mutirão; E – Pae Buçu).	47
Figura 5. Distribuição percentual das classes de uso e ocupação do solo das ilhas de Igarapé-Miri.	49

3. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO AÇAÍZAL NATIVO EM ÁREAS DE ALTA PRODUÇÃO NA REGIÃO AMAZÔNICA.

Figura 1. Mapa de localização da área, demonstrando as 5 Ilhas estudadas: 1) Jarimbu; 2) Mamangal; 3) Itaboca; 4) Mutirão e; 5) Buçu, município de Igarapé-Miri, estado do Pará.....64

Figura 2 – Esquema de coleta e classificação das imagens.....65

Figura 3. Fluxograma metodológico das principais etapas de classificação de imagem.....67

Figura 4. Mapeamentos de uso e cobertura da terra nas ilhas de Igarapé Miri, referentes aos anos de 2013 e 2019. (A) Ilha Jarimbu 2013. (B) Ilha Jarimbu 2019. (C) Ilha Mamangal 2013. (D) Ilha Mamangal 2019. (E) Ilha Itaboca 2013. (F) Ilha Itaboca 2019. (G) Ilha Mutirão 2013. (H) Ilha Mutirão 2019. (I) Ilha Buçu 2013. (J) Ilha Buçu 2019.....70

Figura 5. Classes de uso da terra com as respectivas áreas, em hectare (ha) dos anos de 2013 e 2019 para a região das ilhas de Igarapé-Miri/Pa. A – Ilha Jarimbu; B – Ilha Mamangal; C – Ilha Itaboca; D – Ilha Mutirão e E – Ilha Buçu.....73

LISTA DE TABELA

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Tabela 1. Ranking dos principais municípios fornecedores de frutos de açaí no estado do Pará em 2019.....18

2. MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁREAS COM AÇAIZAL NATIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.

Tabela 1. Características das ilhas da área de estudo.....41

Tabela 2. Classificação e descrição das áreas de uso e ocupação do solo.....44

Tabela 3. Representação da classificação geradas das áreas por hectares das cinco ilhas.....48

Tabela 4. Estatística descritiva das propriedades químicas dos solos de açaizal nativos localizados em cinco municípios do estado do Pará (n = 19). Profundidade: 0-0,10 m.....51

Tabela 5. Classificação textural dos solos de áreas de açaizal nativos localizadas em cinco ilhas no município do estado do Pará (n = 19). Profundidade: 0-0,10 m.....53

3. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO AÇAÍZAL NATIVO EM ÁREAS DE ALTA PRODUÇÃO NA REGIÃO AMAZÔNICA.

Tabela 1. Características das ilhas da área de estudo Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu, município de Igarapé-Miri, estado do Pará.....64

Tabela 2. Critério da classificação de acordo com as faixas do índice Kappa.....68

Tabela 3 - Matriz de confusão das classes de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2019 para as ilhas Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu município de Igarapé-Miri PA, com o índice de kappa (IK) e exatidão global (EG).....74

Tabela 4 - Acurácia (AC) e erros de comissão (C) e omissão (O) relativos às cinco ilhas classificadas.....77

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional das Águas

ATER - Assistência Técnica e Extensão Rural

CO - Carbono orgânico,

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CV - Coeficiente de variação.

DP - Desvio padrão,

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

H+Al - Acidez potencial,

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

ISODATA - Iterative Selforganizing Data Analysis Technique

IG - Indicação Geográfica

LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola

MMA - Ministério do Meio Ambiente do Brasil

NMC - Nomenclatura Comum do Mercosul

PEVS/PAM - Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura /Produção Agrícola Municipal

PMS - produtividade máxima sustentável

ENVI - Environment for Visualizing Images

QGis - Sistema de Informação Geográfica

RESEX - Reservas Extrativistas

SAFs - Sistemas agroflorestais

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

SB - Soma de bases

UCs - Unidades de conservação

CTC - Capacidade de troca de cátions

V% - Saturação por bases

SUMÁRIO

RESUMO GERAL

GENERAL ABSTRACT

1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
Objetivo geral.....	31
Objetivo específico.....	31
1.1 Importância global do açaí.....	18
1.2 Importância do açaizeiro para região amazônica – Crescente demanda do açaí.....	19
1.3 Açaizal em áreas de várzeas.....	20
1.3.1 O Extrativismo ou o manejo dos açaizais nas várzeas?	21
1.3.1.1 Manutenção das áreas nativas de açaizal	23
1.3.1.2 Agroextrativismo e o tipo de manejo.....	24
1.4 Mapeamento das áreas de várzea.....	26
1.4.1 Classificação dos dados.....	28
1.5 Uso e manejo do solo.....	29
REFERÊNCIAS.....	31
2. MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁREAS COM AÇAIZAL NATIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	38
RESUMO.....	38
2.1 Introdução.....	39
2.2 Material e Métodos.....	41
2.2.1 Área de estudo.....	41
2.2.2 Obtenção e Pré-processamento das imagens de satélites.....	42
2.2.3 Classificação não supervisionada das imagens.....	42
2.2.4 Pós-processamento das imagens de satélites.....	43
2.2.5 Amostragem de solo.....	44
2.2.6 Análises laboratoriais de solos.....	45
2.3 Resultados e Discussão.....	45
2.3.1 Classificação do uso e cobertura do solo das ilhas.....	45
2.3.2 Classificação dos solos das ilhas	50
2.4 Conclusões.....	53
REFERÊNCIAS	54
3. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO AÇAIZAL NATIVO EM ÁREAS DE ALTA PRODUÇÃO NA REGIÃO AMAZÔNICA.....	60

RESUMO.....	60
3.1 Introdução.....	61
3.2 Materiais e Métodos.....	63
3.2.1 Caracterização da área de estudo	63
3.2.2 Base de dados e metodologia de processamento de imagens	64
3.2.3 Classificação não supervisionada.....	66
3.2.4 Pós-processamento e reclassificação.....	66
3.2.5 Avaliação da acurácia da classificação.....	68
3.3 Resultados e Discussão.....	70
3.3.1 Análise dos mapas de uso e cobertura do solo.....	70
3.3.2 Análise da exatidão da classificação.....	74
3.4 Conclusões.....	79
REFERÊNCIAS.....	80
Considerações finais.....	85

1 - CONTEXTUALIZAÇÃO

A área do estuário do rio Amazonas é de aproximadamente 2,5 milhões de hectares (LIMA, 1956), na qual o açazeiro pode ser encontrado em toda a região. Considerado uma espécie componente da floresta nativa, apresenta-se em formas de verdadeiros maciços naturais conhecidos como açazais, com predominância em áreas de várzeas (NOGUEIRA, 1997).

O estuário do rio Amazonas é formado por um conjunto de ilhas e por regiões adjacentes de florestas de várzeas, que são influenciadas pelas marés oceânicas e apresentam ciclos diários de enchentes e vazantes (PAROLIM *et al.*, 2004), constituindo-se em reservas potenciais de nutrientes em razão da fertilidade local (CANTO, 2007).

A bacia hidrográfica do rio Amazonas constitui a mais extensa rede hidrográfica do mundo, desde as suas nascentes nos Andes Peruanos até à sua foz no Oceano Atlântico, estendendo-se no Brasil numa área de 63% do total. A contribuição média da bacia hidrográfica do rio Amazonas no Brasil, quanto aos recursos hídricos, é da ordem de 132.145 m³/s, correspondendo a 73,6% do total do país (ANA, 2015).

A Floresta Amazônica compreende a maior biodiversidade de fauna e flora do planeta (MOTA, 2020). Dentro dessa diversidade, Sodré (2005), destaca um grupo muito particular de plantas da família *Arecaceae* denominadas popularmente de “palmeiras”, as quais além do potencial alimentar são também fornecedoras de óleos, gorduras, essências, ceras, bálsamos, resinas e uso paisagístico.

Na Amazônia brasileira há milhares de famílias de ribeirinhos que dependem do extrativismo. Estas populações tradicionais vêm ao longo de anos desenvolvendo formas de manejo da floresta como modo de sobrevivência. Entre vários produtos manejados da floresta, o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), uma palmeira em que se extrai o fruto (açai) e o palmito, é uma importante fonte de alimentação e renda para as famílias de ribeirinhos que habitam o estuário amazônico (AZEVEDO, 2010).

O estado do Pará se destaca internacionalmente como maior produtor de açai com uma produção anual de 1.274,056 toneladas de fruto e uma área plantada com açai superior a 188.483 hectares (IBGE, 2019), sem considerar as áreas de ocorrência natural.

O contínuo aumento na produção tem ocasionado alterações no sistema produtivo, pois no período de entressafra onde os açazeiros de várzea estão em estado de amadurecimento, os plantios de terra firme utilizam um sistema de irrigação que permite atender o mercado local. Devido a estas condições adaptáveis, o produto ganha o mercado externo e preserva as áreas de açai nativo (TAGORE, 2017).

As atividades agrícolas desenvolvidas nas áreas de várzea atendem a um calendário (Figura 1) que duram o ano inteiro mediante a sazonalidade local para a safra e entressafra do fruto do açazeiro. O que para Braga e Jardim (2019) propiciam o manejo da palmeira, nos estudos de Jardim *et al.* (2004), o impacto de diferentes densidades de *E. oleracea Mart* (doravante 'açai') nos processos do ecossistema em planícies estuarinas ainda precisam ser avaliados.

Figura 1 - Distribuição anual das atividades agrícolas em área de várzea para safra e entressafra do açai.



Fonte: autor, 2021.

A mesorregião do Nordeste Paraense, com destaque para a microrregiões de Cametá/Tocantins e a mesorregião do Marajó constituem os maiores centros produtores de açai, sendo os responsáveis por 80% da produção estadual, assim consideradas as principais regiões para implementação de políticas públicas voltadas para o incremento da produção (IBGE, 2019).

No contexto de nova conjuntura econômica do mercado do açai, tanto em nível local quanto nacional, tem ocorrido uma demanda crescente, a qual encarece o produto e reduz a qualidade no mercado local, uma vez que os preços no mercado externo são mais atrativos. Tal situação tem levado à uma busca por alternativas para aumentar a produção e a produtividade, com emprego de novas técnicas e tecnologias, tanto nas áreas de produção tradicional de várzea como em áreas de terra firme (HOMMA, 2014).

Por ser considerada uma espécie tipicamente tropical, o açazeiro se desenvolve bem em condições de clima quente e úmido, sendo atualmente a espécie comercial mais presentes na floresta de várzea do estuário amazônico. Ocorrências naturais de açazeiros são encontradas com maior densidade e frequência em solos de várzea, devido ao fluxo de nutrientes nas marés que inundam essas regiões, possibilitando um processo natural de fertilização (CALZAVARA, 1972, NOGUEIRA, 2006).

Nas últimas três décadas, o açazeiro, tem se destacado devido seu impacto positivo na economia local, principalmente para o estado do Pará, onde a exploração extrativa do palmito perdurou nos anos 80 e posteriormente com o aumento do consumo do suco ou “vinho” de açai. Enquanto o palmito é exportado para fora do país, o suco do açai é um dos principais componentes da alimentação da população local, com destaque para o município de Belém que constitui o seu principal mercado consumidor (NOGUEIRA, 1997; GUIMARÃES *et al.*, 2004, AZEVEDO, 2010), sendo a bebida-símbolo do Estado do Pará, é o principal produto oriundo da palmeira (MENEZES *et al.*, 2008).

A palmeira possui caules do tipo estirpe, lisos, com diâmetro de 7 a 18 cm e altura entre 10 a 15 m, em seu estágio produtivo (Figura 2A). Suas raízes são fasciculadas e possui folhas com comprimento de 2 a 3,5 m, constituídas por 50 a 80 folíolos dispostos regularmente. As inflorescências, localizadas nas axilas foliares, são constituídas de espádice, cujo eixo principal, a raque, possui de 63 a 158 ramificações simples, chamadas ráquulas (Figura 2B). Por ser uma espécie monóica, ao longo da espádice são encontradas as flores femininas e masculinas. Seus frutos são arredondados e de cor arroxeada, contendo uma semente em seu interior (ROGEZ, 2000) (Figura 2C). O epicarpo ou epiderme e o mesocarpo constituem o que se chama de polpa (AGUAI, 2016) (Figura 2D), produto muito consumido na região.

Figura 2 - Detalhes da planta (A), cachos de frutos (B), frutos (C) e polpa de açai *Euterpe oleracea* Mart. (D).



Fonte: Autor, 2021

Para Almeida *et al.*, (2011), os frutos do açai são pequenos, arredondados ou elíptico, de superfície lisa e coloração roxo-escuro devido a presença de pigmentos naturais, as “antocianinas”. Nos estudos de Silva Junior (2019), o açai é um fruto perecível que necessita

ser processado rapidamente para não perder sua qualidade. Por este motivo o produto *in natura* é vendido o mais rápido possível. Desta forma, o açaí é destinado para atravessadores que compram o produto próximo da área de produção e vendem para o mercado local ou para as fábricas de processamento de outras localidades.

A demanda nacional pelo açaí tem crescido continuamente ao longo dos anos e isto pode ser atribuído, dentre outros fatores, às propriedades nutricionais e ao valor calórico do açaí, considerado como alimento rico em proteínas, fibras, lipídeos, vitamina E outros minerais como: manganês, cobre, boro e cromo. Além disso, possui elevado teor de pigmentos, as antocianinas, que são benéficos à saúde, pois favorecem a circulação sanguínea e protegem o organismo contra a arteriosclerose (SOUZA, 2000). Nos últimos tempos ganhou importância como alimento funcional, devido aos seus benefícios nutricionais e terapêuticos que estão relacionados a alta capacidade antioxidante e composição fotoquímica (BONOMO *et al.*, 2014; CEDRIM *et al.*, 2017).

Se por um lado, o valor de mercado do açaí teve reflexos positivos na conservação dos açazais nativos, por outro, também motivou alterações no sistema produtivo, uma vez que nas áreas de várzea, a prática de manejo do açazal ganhou nova conformidade pelos ribeirinhos, com objetivo de aumentar a produtividade (TAGORE, 2017).

É na região do estuário do rio Amazonas que se encontram as maiores e mais densas populações naturais dessa palmeira, adaptadas às condições de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (OLIVEIRA, 2016), a grande concentração de açazeiro faz do Pará o maior produtor extrativo de fruto (NOGUEIRA, 2010), sendo a mesorregião do nordeste paraense responsável por grande parte da produção de frutos (Tabela 1) nesta ordem: Igarapé-Miri, Cametá, Abaetetuba, Limoeiro do Ajuru, Oeiras do Pará, Baião, Mocajuba, segundo o ranking dos produtores de açaí do estado do Pará, PAM – (Produção Agrícola Municipal) 2019.

Além das várzeas sujeitas a inundações periódicas, a região também produz frutos em terra firme, porém ainda possui maior abundância e frequência nas áreas de várzea, como espécie nativa (AZEVEDO, 2005) e socioeconomicamente importante para os estados Amazônicos (NEVES *et al.*, 2015).

Tabela 1: Ranking dos principais municípios fornecedores de frutos de açaí no estado do Pará em 2019.

Ranking	Município - PA	Quantidade produzida do fruto (Mg)	Área destinada à colheita do fruto (ha)
1°	Igarapé-Miri	400000	45000
2°	Cametá	159450	30000
3°	Abaetetuba	111200	20000
4°	Limoeiro do Ajuru	39900	6650
5°	Oeiras do Pará	28560	3400
6°	Baião	4045	645
7°	Mocajuba	3430	700
	TOTAL	746585	746585

Fonte: IBGE /PAM – 2019

1.1 - Importância global do açaí

A microrregião de Cametá, mais conhecida como “região do Baixo Tocantins”, é possui sua hidrográfica controladas pelos rios Moju, Pará e o caudaloso Tocantins. Sete municípios compõem esta região: Abaetetuba, Igarapé Miri, Limoeiro do Ajuru, Cametá, Mocajuba, Baião e Oeiras do Pará. Em maior ou menor intensidade, a região sofre os impactos da barragem da hidrelétrica de Tucuruí, com ênfase para a variação dos níveis de água e produção de pescado (ALMEIDA, 2010).

A chegada das indústrias exportadoras de açaí na região e o aumento do consumo geral, principalmente pela população de Belém, provocaram forte aumento da demanda de frutos (ENRÍQUEZ *et al* 2003; AZEVEDO, 2010). Além do mercado local, o açaí também tem sido demandado por outras regiões do país, particularmente, pelos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Concomitantemente, também passou a ser exportado para os principais mercados consumidores internacionais do NAFTA, União Europeia, Tigres Asiáticos e MERCOSUL (HOMMA, 2001; ALEXANDRE *et al.*, 2004; FALESI *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2011).

O açaizeiro pode ser encontrado disperso em toda a bacia amazônica, sendo, particularmente, abundante na sua parte oriental, ocorrendo nas áreas de várzeas e margens dos rios. Destaca-se como alimento essencial da população regional com forte demanda para exportação (CANTO, 2001; ROGEZ, 2000). Além do consumo alimentício. O açaizeiro também se destaca pela extração da estirpe para produção de palmito, bem como tem servido para extração madeireira (ARRUDA *et al.*, 2014).

O Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará – (PRÓ-AÇAÍ), contribuiu efetivamente com o aumento da produção do açaí no estado do Pará,

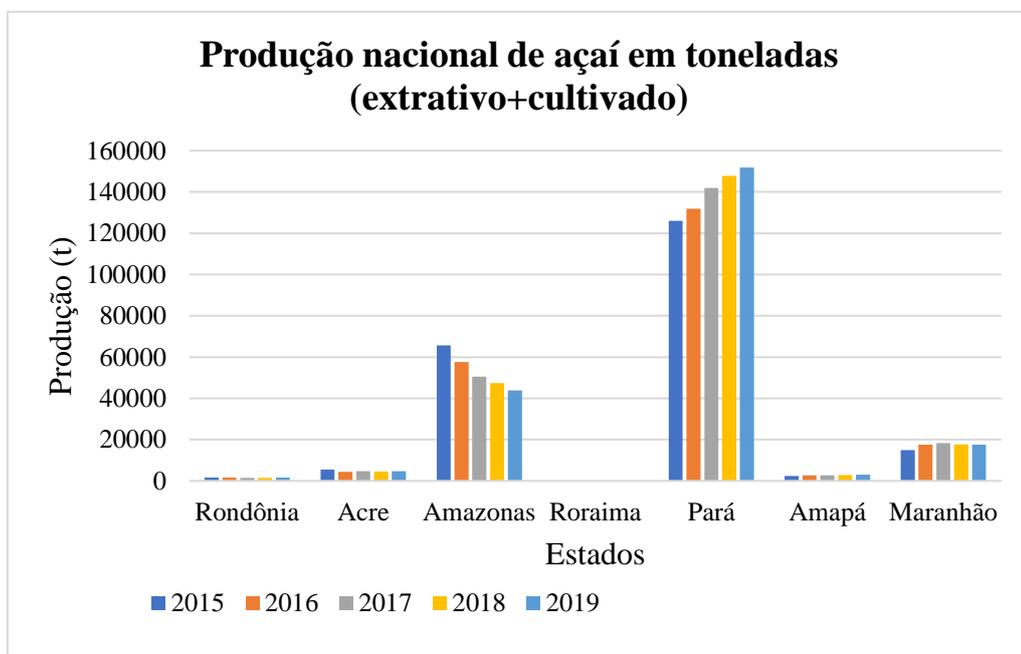
através da melhoria do manejo e enriquecimento dos açazais situados nas regiões de integração produtoras do Marajó e Baixo Tocantins (principal polo de produção), além da massificação da implantação e manejo de açazeiros irrigados em áreas de terra firme do Estado do Pará, no período de 2016 a 2020, dando ênfase, principalmente, ao desenvolvimento socioeconômico local, e assegurando, também, a conservação ambiental (OLIVEIRA, 2016).

1.2 - Importância do açazeiro para região amazônica – crescente demanda do açaí

Existe um consenso entre diversos estudos, sobre a crescente transformação sofrida na cadeia produtiva do açaí, deixando de ser produtora de palmito para atender a demanda crescente pela polpa, antes tido como subproduto destinado a subsistência dos ribeirinhos, passando a exigir novas práticas para o aumento de produtividade (ANDERSON; IORIS, 2001; QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001; ARZENI; JARDIM, 2004; SIMONIAN, 2004).

A produção nacional está em ascensão, incentivada principalmente, pela produção paraense (Figura 3). Os demais estados da federação têm apresentado crescimentos modestos, contudo, observa-se que o aumento na produção geral está relacionado com o incremento de áreas cultivadas principalmente no Pará, Amazonas e Roraima (CONAB, 2019).

Figura 3 - Variação da quantidade em toneladas dos sete estados de maior produção de açaí no Brasil entre 2015 e 2019.



Fonte: PEVS/PAM- IBGE, 2019

Outro aspecto a ser considerado na cadeia produtiva do açaí, refere-se à geração de bases de dados e informações, algo indispensável para a estruturação da cadeia do açaí, inclusive com

a divulgação a nível internacional, atraindo investidores. Em janeiro de 2016 foi criado o código de Nomenclatura Comum do Mercosul para o purê de açaí (NMC 20079921), fato muito significativo para solidificar e organizar da cadeia produtiva como um todo. Como por exemplo permitir a adoção do rastreamento das exportações de polpa pura e de mix de açaí, identificando os países e mercados consumidores, quantidade e preços, gerando base de dados confiáveis em sistemas como ALICE WEB e AGRO SAT (Ministério da Agricultura) (CONAB, 2019).

1.3 - Açaizal em áreas de várzeas

As várzeas são grandes faixas que margeiam os rios e que, periodicamente, são cobertas por águas, constituindo-se em reservas potenciais de nutrientes em função da fertilidade que apresentam (CANTO, 2007). Da Silva e Oliveira (2016), descrevem a várzea como um dos ecossistemas mais ricos da Amazônia em produtividade biológica, biodiversidade e recursos naturais. Padoch *et al.*, (2000), descrevem que o estuário amazônico se constitui por florestas de várzea que dominam de forma marcante a paisagem (Figura 4). Açaizais não manejados no estuário amazônico tendem a manter um padrão similar em sua estrutura (CARIM *et al.*, 2014).

Figura 4 - Floresta de várzea na região.



Fonte: O autor, 2021.

Existem registros de produtores que efetuam a substituição integral da cobertura vegetal original, privilegiando apenas os açaizeiros que são plantados nos espaços livres. Outros produtores adotam sistema de substituição parcial, deixando buritizeiros (*Mauritia Flexuosa*) do sexo feminino e eliminando os de sexo masculino, pois não produzirem frutos. A eliminação de buritizeiros do sexo masculino é uma prática condenável, pois dependendo do número de plantas derrubadas, poderá tornar improdutivas as plantas de sexo feminino, devido à redução

de pólen que possibilitem a fecundação. Diversas outras espécies são, também, derrubadas para abrir espaços para os açazeiros, dentre as quais a sumaumeira (*Ceiba Pentandra*). (HOMMA *et al.*, 2006).

Segundo estudos de Maués (2019), com a intensificação do comércio de açaí, muitos os agricultores, passaram de forma gradativa, a buscar outras espécies para introdução em suas áreas de cultivo, como exemplo o próprio buritizeiro, facão, palheira, cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*), cacauero (*Theobroma Cacao*), ingá (*Fabaceae*), dentre outras.

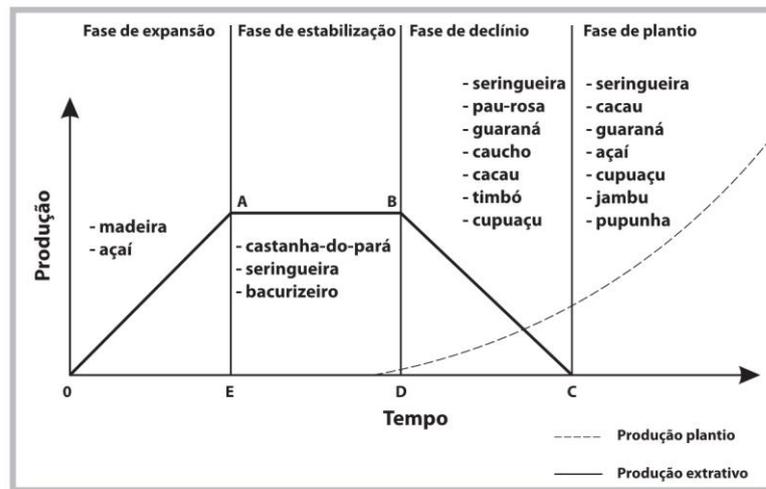
Steward (2013), enfatiza que devido as mudanças drásticas no mercado, muitos agricultores aumentaram a área de produção de açaí em suas propriedades. Os pequenos agricultores passaram incrementar a extensão do açaí nativo nas florestas, plantando mudas de açaí em áreas dominados por florestas secundárias.

As florestas de várzea apresentam diversidades de espécies relativamente pequena se comparadas aos ambientes de terra firme. Em compensação, algumas várzeas apresentam elevada área basal e biomassa, resultado do alto teor de nutrientes dos solos destes ambientes (ALMEIDA *et al.*, 2004).

1.3.1- O Extrativismo ou o manejo dos açazais nas várzeas?

O extrativismo constitui um ciclo econômico de três fases distintas (Figura 5). Na primeira fase, verifica-se um crescimento na extração, quando os recursos naturais são transformados em recursos econômicos com o crescimento da demanda. Na segunda fase, atinge-se o limite da capacidade de oferta, em face dos estoques disponíveis e do aumento no custo da extração, uma vez que as melhores áreas se tornam cada vez mais difíceis. Na terceira fase, inicia-se o declínio na extração, com o esgotamento das reservas e o aumento na demanda, induzindo ao início dos plantios, desde que a tecnologia de domesticação esteja disponível e seja viável economicamente (HOMMA, 2014).

Figura 5 - Ciclo do extrativismo vegetal na Amazônia.



Fonte: Homma (1980).

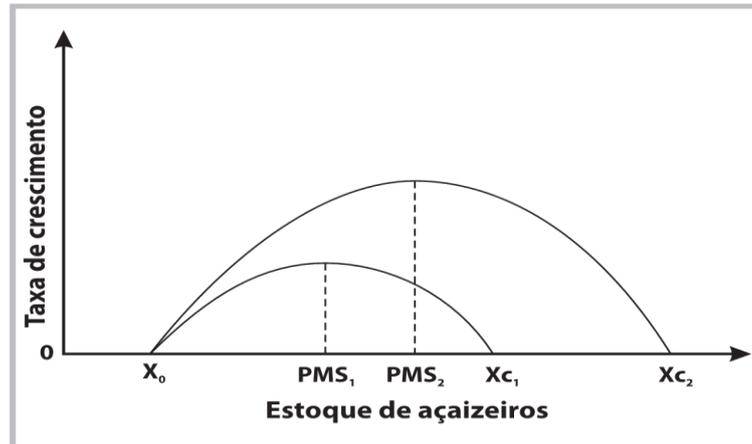
Com a valorização e o aumento substancial na demanda do açaí, o mercado vem passando por mudanças estruturais nos últimos anos, tanto no consumo e elaboração de novos produtos industrializados, quanto nos sistemas de produção (SILVA *et al.*, 2017). Desta forma, ocorre a forte expansão dos açais manejados, em áreas de várzeas e em áreas de terra firme, conseqüentemente aumento da demanda por produção de mudas (FARIAS NETO *et al.*, 2011).

Segundo o último Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA - 2016), existem diferenças na quantidade produzida quanto as variáveis: tanto na forma de produção, de extrativismo e manejo. Os municípios com as maiores produções extrativistas são Limoeiro do Ajuru, Oeiras do Pará, Muaná, Mocajuba e Inhangapi. Já nos municípios onde, atualmente, se faz o manejo cultivado são Igarapé-Miri, Abaetetuba, Cameté, Bujaru e Tucuruí, (AGUIAR, 2016).

As taxas atuais de crescimento observadas não deveriam continuar indefinidamente por causa da competição entre os açazeiros e outras espécies vegetais. A quantidade de área disponível só permite que cresçam X_c açazeiros em determinado espaço, onde X_c é a chamada capacidade de suporte (*carrying capacity*), que representa o número máximo de açazeiros para um determinado espaço antes que a taxa de crescimento se torne negativa. O manejo de açazeiros tem condição de modificar a capacidade de suporte X_c , para uma capacidade limite X_{c2} equivalente a de um plantio racional. Com isto modifica também os custos de extração, a rentabilidade, a produtividade máxima sustentável (PMS) e o ponto de ótimo econômico. Nos casos de açazeiros que sofrem duplo extrativismo (coleta de fruto e extração de palmito), o crescimento do mercado exige a formação de estoques mais homogêneos e com logísticas viáveis no estuário amazônico, nas áreas mais próximo de Belém (NOGUEIRA, 1997).

Homma (2014) discute a importância das técnicas de manejo, como possibilidade de aumentar a capacidade de suporte e assistência técnica, como vem ocorrendo no manejo de açazeais nativos no estuário do Rio Amazonas. Os produtores procuram aumentar o estoque de açazeiros, promovendo o desbaste de espécies vegetais concorrentes, transformando em floresta oligárquica, como se fosse plantio domesticado, aumentando a produtividade dos frutos e de palmito (Figura 6).

Figura 6 - Modificação da capacidade de suporte decorrente do manejo de açazeais nativos.



Fonte: Homma (2008).

1.3.1.1 - Manutenção das áreas nativas de açazeal

Grande parte da produção de açai no estado de Pará é familiar, onde pequenos agricultores participam de todas as etapas da cadeia produtiva, que vai desde a colheita até o armazenamento ou então a comercialização do fruto *in natura* (MMA, 2013).

Para equalizar a oferta do açai diante da crescente, é de fundamental o aumento da produção, quer seja pelo aumento da área cultivada ou pelo ganho de produtividade. Isso passa, necessariamente, pelo manejo eficiente, enriquecimento dos açazeais de várzeas e o incremento do plantio em terra firme, associado ao uso de tecnologias adequadas, como sistemas de irrigação, produção de sementes e mudas melhoradas e a intensificação da Assistência Técnica e Extensão Rural, voltada para o assessoramento dos agricultores (OLIVEIRA, 2016).

O fruto e o palmito do açazeiro, obtidos pelo manejo do açazeal nativo, podem ser certificados como produtos orgânicos e alcançarem bons mercados (AZEVEDO, 2010), tal como vem ocorrendo com o cacau no Brasil, onde seu mercado vem se estendendo e ganhando força com a Indicação Geográfica (IG) anteriormente relatado por Gollo (2006) e agregando valor ao produto, preservando as particularidades da produção sustentável, passando a patrimônio de determinada região, estimulando os investimentos na própria área de produção, aumentando o turismo e gerando emprego renda.

O mercado consumidor constitui a razão para a existência e o desaparecimento de economias extrativas, devido a crescente demanda pelo fruto do açaí. A transformação do recurso natural em produto valorizado é o primeiro passo da economia extrativa. A capacidade limitada de se ofertar produtos extrativos, leva à necessidade de criar plantios domesticados e descobrir substitutos melhorados ou outros substitutos naturais (HOMMA, 2014). Entretanto, o desmatamento da floresta nativa pode culminar no desaparecimento de espécies de valor cultural, social e econômico que garantam a subsistência dos povos tradicionais que vivem nas várzeas amazônicas (CAVALCANTE, 2014).

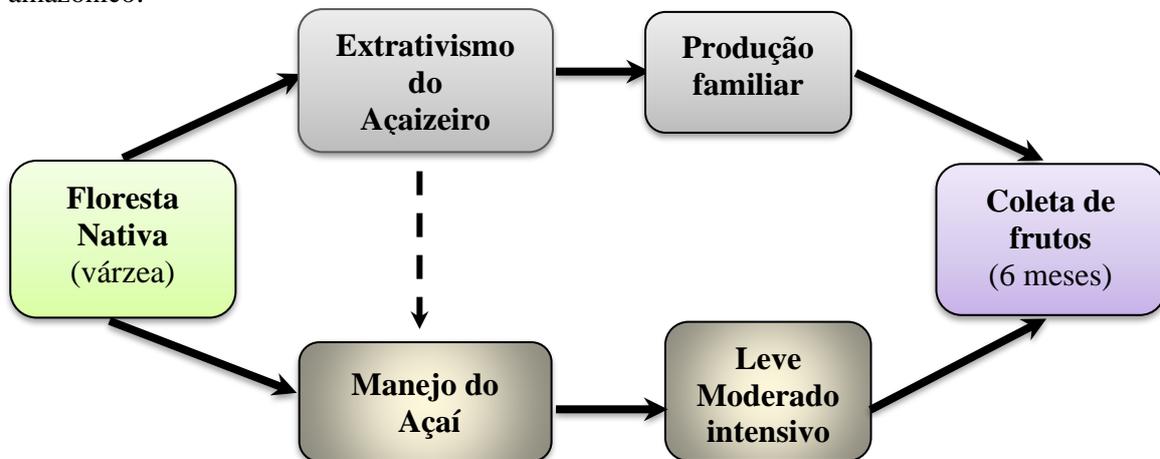
1.3.1.2 Agroextrativismo e o tipo de manejo

Tagore (2017) em seus estudos considera necessário que os Projetos de Assentamentos Agroextrativistas (PAE), pressupõem que o sistema extrativista é baseado na coleta e extração de modo sustentável, de recursos naturais renováveis por populações extrativistas tradicionais, em que a subsistência é a base do extrativismo, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, tendo como objetivo assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade e as diferentes características que envolvem as atividades de manejo dos ribeirinhos.

Nos estudos de Araújo e Navegantes-Alves (2015), a intensificação na produção do açaí, pode causar riscos de desaparecimento de algumas espécies e tendência ao monocultivo, corroborando com Tagore *et al.*, (2018) que concluiu que o manejo do açaí tem provocado mudanças no ambiente natural, as quais resultaram nos seguintes impactos: (a) modificação na configuração da paisagem, com sua homogeneização e extinção de outras espécies; (b) erosão e assoreamento dos rios, resultante do aumento dos açazais; (c) eliminação de espécies que protegem as margens das áreas de várzea; (d) dependência econômica dos ribeirinhos pela atividade do açaí; e (e) perda da diversidade produtiva, essencial na agricultura familiar ribeirinha.

O uso de práticas para o manuseio de recursos naturais como o açazeiro, tem sido a solução não apenas para os ribeirinhos em áreas manejadas nas várzeas, mais também os produtores que implementam plantios em terra firme. O diagrama representado na Figura 7 demonstra o processo de exploração das florestas de várzea da região do estuário amazônico, como forma tradicional/extrativista dos ribeirinhos, bem como a inserção das práticas de manejo a cultura do açaí.

Figura 7 - Processo tradicional e manejado de uso do ecossistema florestal de várzea do estuário amazônico.



Fonte: O autor, 2021.

Nos últimos anos, o manejo do açai na várzea não foi suficiente para atender a crescente demanda, o que deu início a uma nova modalidade de produção do açaí, por meio do cultivo em terra firme (NOGUEIRA, 2011). Essa dinâmica de mercado, portanto, tem forçado mudança de atitude por parte dos extrativistas que, segundo Lopes (2001), passaram a buscar novas alternativas de exploração de açaí, com o objetivo de atender às expectativas atuais e futuras do mercado. Na realidade, os extrativistas foram estimulados a praticarem o manejo dos açaiuais nativos para produzir mais e atender a crescente demanda (SANTANA; COSTA, 2008; NOGUEIRA, 2011).

Segundo Ministério do Meio Ambiente (2013), a produção de açaí na Reserva Extrativista (Resex) Terra Grande Pracuúba, localizada na Ilha do Marajó, é atendida pelo programa Bolsa Verde que remunera famílias que vivem em áreas de preservação ambiental geridas pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Biodiversidade) ou sob a gestão da SPU (Superintendência de Patrimônio da União). Essa complementação é necessária, pois no verão, quando não se tem safra de açaí, os agricultores precisam encontrar outras fontes de renda, pois é o período em que as plantas de açaí estão em desenvolvimento e o Programa Bolsa Verde atende essas comunidades na sua subsistência e para que haja a preservação das áreas nativas.

A monocultura do açaí poderá causar desequilíbrio ecológico, observados em diversos monocultivos, como o aumento de pragas e doenças. A diversidade pode ter garantia maior, se for possível valorizar os produtos de outras espécies, além do açaizeiro, como o látex da seringueira, o fruto do taperebazeiro, a semente de andiroba, do pracaxi e do cacau, por exemplo (AZEVEDO, 2010; LOPES 2003).

Estima-se que mais 80 mil hectares de ecossistemas de várzea original foram convertidos em bosques homogêneos de açazeiros. Essas áreas estão sujeitas a inundações diárias com o movimento das marés, desta forma a construção de canais de escoamento de água, a movimentação de embarcações e a contínua retirada de frutos sem reposição de nutrientes, podem gerar riscos de estagnação da produção no longo prazo (HOMMA, 2014).

Por outro lado, o plantio de açazeiro nas áreas de terra firme representa excelente alternativa para a recuperação de áreas desmatadas, como também para reduzir a pressão sobre o ecossistema de várzea, muito mais frágil, evitando sua transformação em bosques homogêneos e com baixa biodiversidade. Outra vantagem no plantio em terra firme está relacionada com a facilidade de transporte rodoviário e beneficiamento, de forma mais rápida, sem depender do transporte fluvial (OLIVEIRA et al, 2007).

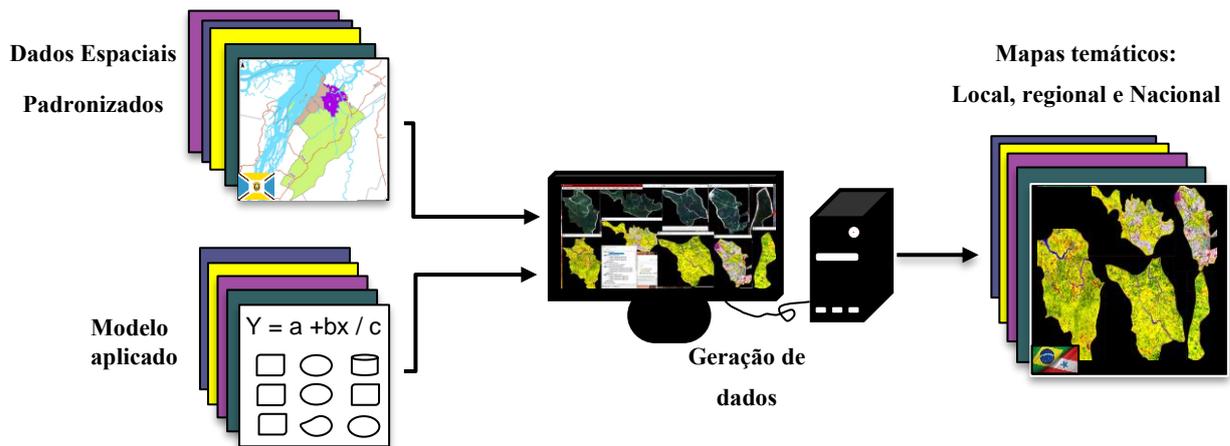
1.4 - Mapeamento das áreas de várzea

A utilização de mapeamento de grandes áreas de açazal na Amazônia brasileira, ainda é escassa. Nem mesmo a comunidade local possui qualquer estimativa da dimensão das áreas exploradas, bem como das suas transformações e impactos ao longo dos anos. Em estudos mais recentes de Lima *et al.*, (2018), foi enfatizado que as tecnologias têm se tornando mais comuns em estudos do comportamento da vegetação, ajudando a monitorar e estimar a expansão das alterações no meio ambiente. Brito *et al.*, (2020) consideram que estudos dessa natureza, reforçam a importância sobre a produção/conservação das espécies nativas e dos estoques disponíveis e as relações entre homem e natureza.

Para Quartezi (2012), com a utilização de técnicas do sensoriamento remoto é possível promover a otimização da produção e proteção ao meio ambiente, aplicando as tecnologias em campo com uso dessas ferramentas embasadas no geoprocessamento. Essas técnicas estão relacionadas a um conjunto de atividades e coletas de dados que serão processados em computador gerando produtos digitais para análise e interpretação visual (Figura 8).

Nos estudos de Oliveira (2018), as técnicas de sensoriamento remoto são utilizadas como forma de monitoramento da vegetação e acompanhamento de fenômenos que impactam o meio ambiente. Através da classificação de imagens digitais é possível representar um objeto do mundo real, obtendo como resultado, um mapa temático de uso e cobertura do solo (FLORENZANO, 2011).

Figura 8 - Esquema de técnicas do sensoriamento remoto utilizadas para processamento imagens.



Fonte: O autor, 2021.

O uso do sensoriamento remoto aliado a técnicas de extração automática nas imagens digitais fornecem visão sinóptica do ambiente e permitem extrair informações espaciais na dimensão temporal dos fenômenos ou eventos, possibilitando gerar análises sobre a dinâmica e os padrões espaciais da paisagem em áreas de grandes extensões territoriais como a Amazônia (DE SOUZA *et al.*, 2019).

Gavlak (2011) avaliou os padrões espaciais da paisagem através de dados de sensoriamento remoto processados por diferentes técnicas de classificação dos elementos que compõe a paisagem física. Neste tipo de contexto, o sensoriamento remoto juntamente com a gama de aplicativos permitiram abordagens cada vez mais confiáveis e robustas para mapear a dinâmica da terra e atender a uma série de necessidades de informação (OLOFSSON, *et al.*, 2014).

De acordo com Wulder (1998) o sensoriamento remoto óptico, que atua nas faixas espectrais do visível e do infravermelho, é uma fonte confiável de informação para avaliação das características da floresta em grandes áreas, onde os sensores com alta resolução espacial se tornam fontes fidedignas para a avaliação das características das áreas mapeadas. A resolução espacial de sensores remotos frequentemente utilizados para caracterização da vegetação varia de grosseira (por exemplo, 1.1 km do Radiômetro de Resolução Muito Alta Avançada do satélite NOAA) a muito alta (por exemplo, 0,4 m do satélite/sensor GeoEye-1) (GÓMEZ *et al.*, 2012). Os sensores de média resolução, como o RapidEye possibilita mapear áreas com grande detalhamento, com uma resolução espacial de cinco metros e bandas espectrais no visível (RGB) e infravermelho (NIR), além da banda RedEdge que permite discriminar diferentes coberturas vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Além do sensor RapidEye, outro sistema imageador de destaque é o sensor Planet que possui resolução de três metros, ideal para exploração de características e variações em áreas de florestas. Este sistema contém quatro bandas espectrais, nos comprimentos do visível (RGB) e infravermelho (NIR) (OLIVEIRA, 2019). Estes sensores constituem características específicas para áreas de aplicação, descritos na (Figura 9).

Figura 9 - Características dos sistemas RapidEye e Planet.

Satélite/sensor	Resolução temporal	Resolução Espacial	Banda /Resolução Espectral	Aplicações
RapidEye	24h	5 m	1 Azul (440 - 510 nm)	Estudos de águas costeiras, discriminação solo/vegetação, identificação de objetos artificiais.
			2 Verde (520 - 590 nm)	Discriminação da vegetação saudável/não saudável, identificação de objetos artificiais.
			3 Vermelho (630 - 690 nm)	Identificação de espécies vegetais, identificação de objetos artificiais.
			4 Red-Edge (690 - 730 nm)	Mapeamento geomorfológico, Agricultura e vegetação
			5 Infravermelho próximo (760 - 880 nm)	Monitoramento da umidade do solo, monitoramento de formações vegetais, identificação de corpos d'água.
Planet	24h	3 m	1 Azul (455 - 515 nm)	Estudos de águas costeiras, discriminação solo/vegetação, identificação de objetos artificiais.
			2 Verde (500 - 590 nm)	Discriminação da vegetação saudável/não saudável, identificação de objetos artificiais.
			3 Vermelho (590 - 670 nm)	Identificação de espécies vegetais, identificação de objetos artificiais.
			4 Infravermelho próximo (780 - 860 nm)	Monitoramento da umidade do solo, monitoramento de formações vegetais, identificação de corpos d'água.

Fonte: Adaptado de Gómez *et al.* (2012).

1.4.1 Classificação dos dados

A utilização do sensoriamento remoto somada às coletas em campo permite auxiliar o planejamento do manejo destas áreas, proporcionando o uso sustentável dos ecossistemas de várzea, sendo possível ainda prever riscos nesses ambientes naturais e atuar de forma incisiva com medidas que possam a mitigar os impactos gerados pelo homem, Tregidgo *et al.*, (2020), descrevem graves implicações tanto a segurança alimentar quanto a subsistência das comunidades ribeirinhas na região dos estuários amazônicos.

De acordo com a classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto é possível associar cada pixel da imagem a um “rótulo” sendo um objeto real (vegetação, solo, etc.), contudo cada valor numérico (DNs) associados a cada pixel, definido pela reflectância dos materiais compõem cada pixel, são identificados por intermédio da cobertura

da superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha, etc.), chamadas então de temas (DEMARCHI *et al.*, 2011).

A avaliação precisa das variáveis territoriais e ambientais é vital para compreender as dinâmicas do uso da terra (CUNNINGHAM *et al.*, 2017), sendo o solo exemplo de ambiente altamente heterogêneo onde uma amostragem adequada é fundamental para obter estimativas corretas de suas propriedades (YUAN *et al.*, 2013).

1.5 – Uso e manejo do solo

É na várzea que se encontra a maior faixa contínua de solos férteis da Amazônia e, historicamente, foi onde se concentrou as mais intensas atividades de pesca e de agricultura, as características desse ambiente como a fertilidade natural dos solos, proximidade dos rios, que servem como canal de transporte, e dos lagos altamente piscosos, favoreceram maior concentração humana em tempos pré-coloniais e atuais (FRAXE *et al.*, 2007). Segundo Falesi (1984), estes solos são resultantes do acúmulo de sedimentos pelas águas das marés, são mal drenados, com elevados teores de argila, baixa saturação de bases e pH de 4,5 a 5,0. Nas ilhas, acham-se presentes, em manchas, os solos Gleys Eutrófico e Distróficos e Aluviais Eutrófico e Distróficos, textura indiscriminada (SANTOS; COELHO-FERREIRA, 2012). Os solos hidromórficos apresentam perfis de horizonte superficial orgânico e orgânico mineral, com grande variação em espessura, nos quais a matéria orgânica está total ou parcialmente decomposta ou em ambas as formas (AZEVEDO, 2010).

Para Schoenholtz *et al.*, (2000), cresceu à preocupação em determinar as consequências dos manejos implementados sobre a qualidade do solo relacionando a sustentabilidade das funções do ecossistema florestal, aliado a produtividade da planta. Carvalho *et al.*, (2003), também confirmam a preocupação relaciona a qualidade do solo, em função da dependência espacial dos atributos físicos, químicos e biológicos para manter uma produção biológica sustentável. Segundo Gomes *et al.* (2006), os indicadores de qualidade do solo podem ser categorizados, de um modo geral, em quatro grupos; visuais, físicos, químicos e biológicos. Embora esta divisão em grupos seja usual, é importante salientar que estes atributos e processos, em sua maioria, são inter-relacionados. Os melhores indicadores da qualidade do solo são aqueles que integram os efeitos combinados de diversos atributos ou processo do solo.

O grande desafio em relação à qualidade do Solo não está na identificação de um indicador ou na sua avaliação, e sim no planejamento de agroecossistemas complexos que privilegiem o cultivo diversificado de plantas. (VEZANI, 2009). Os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade,

porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento superficial, compactação, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água disponível. Já os indicadores químicos estão relacionados ao pH, salinidade, capacidade de troca de cátions, capacidade de suprimento de nutrientes às plantas, entre os indicadores biológicos estão incluídos a matéria orgânica, a diversidade de espécies, a massa microbiológica, o nível de respiração do solo, o que possibilita avaliar a atividade microbiológica. (GOMES *et al.*, 2006).

Nesse contexto, estudos de atributos do solo se tornam essenciais para o manejo sustentável em área florestal nativa. Corstanje *et al.*, (2017), em seus estudos utilizam indicadores para medir a qualidade e funções do solo, corroborando com Colodel *et al.*, (2018), que relata que a qualidade de um solo é definida por meio da interação entre atributos químicos, físicos e biológicos, os quais são fundamentais como indicadores de sustentabilidade. Nogueira (2011), atribui a fertilidade dos solos a maiores volumes de matéria orgânica depositada nos sistemas.

As interações solo-planta-atmosfera determinam funções fundamentais nos ecossistemas terrestres (COSTA, 2020). O ecossistema da Amazônia é um tema de grande importância e que vem chamando a atenção e tornando-se alvo de grandes pesquisas.

O grande estoque disponível desses recursos naturais possibilitará que o extrativismo ainda perdure por muito tempo como atividade de grande expressão para a economia regional (NOGUEIRA, 2000). No entanto em estudos mais recente de Homma (2014) no caso de produtos extrativos com grande importância econômica, o caminho inevitável é a domesticação, o manejo ou a descoberta de substitutos sintéticos.

Neste contexto, o mapeamento dessas áreas tem grande importância para a região, que se faz necessário diante do crescimento da cultura do açaí em áreas de várzea, em que o mesmo tem tido grande destaque, tanto pela expressividade do fruto como pela carência de informações sobre essas áreas e o que ela representa para a região das ilhas de Igarapé-Miri-PA, sendo este o grande produtor nacional de açaí.

O presente trabalho está organizado em capítulos onde se apresenta a contextualização do problema de pesquisa, sua abordagem, referencial teórico e os artigos do trabalho publicados e/ou submetidos em periódicos indexados.

As principais hipóteses testadas, baseiam-se nos fundamentos do sensoriamento remoto, onde o comportamento espectral do padrão dos maciços de açaí pode ser detectado, em meio à floresta de várzea, através da técnica de classificação automatizada baseada nos valores dos pixels, considerando ainda a boa resolução espacial das imagens, apresentariam um bom

zoneamento das classes de uso e cobertura do solo. Os solos de várzeas das ilhas de Igarapé Miri apresentam boas características físico-químico para o crescimento dos maciços de açaizal.

As classes mapeadas a partir das imagens orbitais, aliadas aos dados das propriedades físico-químicas dos solos evidenciariam áreas com as maiores ocorrências de açaizal nas cinco ilhas estudadas. O sistema de produção de açai, adotados nas ilhas da área de estudo, nos últimos anos, vem causando importantes transformações territoriais e socioeconômicas, acarretando impactos no ecossistema natural das várzeas.

Objetivo geral

A abordagem principal do trabalho buscou explorar o potencial de dados orbitais para analisar o sistema de várzea produtora de açai, nas ilhas de Igarapé-Miri (Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu), de modo a caracterizar a dimensão e a distribuição espacial das ocorrências, bem como avaliar as mudanças na paisagem e nos cultivares, correlacionando com as propriedades físico-químicas dos solos de várzea

Objetivos específicos

i) definir as áreas de interesse de uso e ocupação (hidrografia, solo exposto, área urbana, aluvial, terras baixas, arbórea, agricultura nas áreas potenciais de açaizal nativo) no município de Igarapé-Miri; ii) caracterizar as propriedades químicas (ph, carbono orgânico, P, K, Ca, Mg, Al, e H+Al, capacidade de troca de cátions, soma de base e saturação por bases) de solos sob açaiçais nativos; bem como os atributos físicos através da textura do solo para análise de maior ocorrência de açaizal nativo; iii) estabelecer a correlação entre as classes de uso e cobertura, atributos do solo e produtividade nas ilhas; iv) avaliar a dinâmica de uso e cobertura nos anos de 2013 e 2019, com intuito de mostrar os avanços e impactos ocorridos durante e depois dos manejos adotados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, AMÁLIA GABRIELA ROCHA, Manejo de população de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em parcelas de produção de frutos em área de várzea - Dissertação (Mestrado) - UFPA, EMBRAPA – Amazônia Oriental Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Belém, 2016.

ALMEIDA R. Amazônia, Pará e o Mundo das Águas do Baixo Tocantins, Estudos Avançados - Na trilha do Anilzinho: resistência e multiplicação de conhecimentos agroecológicos na Região do Baixo Tocantins-PA vol. 24, n.68, 2010.

ALMEIDA S. S., AMARAL D. D., SILVA A. S. L.- Análise Florística e Estrutura de Florestas de Várzea no Estuário Amazônico- ACTA AMAZONICA, vol.34, n.4,p. 513 – 524, 2004

ALMEIDA, E. I. B; COSTA, L. C. da; CARNEIRO, G. G. ; RIBEIRO, W. S. ; BARBOSA, J. A. Análise biométrica e físico-química de frutos de açaizeiros cultivados no Brejo paraibano. *Tecnol. & Ciên. Agropec.*, João Pessoa, vol.5, n.2, p.1-4, jun. 2011.

ANDERSON A & IORIS EA. A lógica do extrativismo: manejo de recursos e geração de renda por produtores extrativistas no estuário amazônico. In: Diegues, A.C.; Moreira, A. de C.A. (Eds.). *Espaços e recursos naturais de uso comum*. Nupaub-USP, São Paulo. p. 163-180, 2001,

ARAÚJO, C. T. D. E NAVEGANTES-ALVES, L.F.- Do extrativismo ao cultivo intensivo do açaizeiro (*Euterpe Oleracea* Mart.) no estuário amazônico: sistemas de manejo e suas implicações sobre a diversidade de espécies arbóreas – *Ver. Bras. de Agroecologia* – vol.10, n.1, p.12-23.ISSN:1980-9735, 2015.

ARZENI S & JARDIM MAG Estratégias de sobrevivência em comunidades agroextrativistas de estuário amazônico. In: Jardim, M. A. G.; Mourão, L.; Grossman, M. *Açaí: Possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 253-266, 2004.

AZEVEDO, J. R. de. Sistema de manejo de açaizais nativos praticados por ribeirinhos. São Luis/MA: EDUFMA, 100p. il, 2010.

AZEVEDO, J. R. Tipologia do sistema manejo de açaizais nativos praticados pelos ribeirinhos em Belém, Estado do Pará 2005. 112 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (Amazônia Oriental), Belém, 2005.

ALEXANDRE D, CUNHA R.L & HUBINGER M.D Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 24, p.114-119, 2004.

BRAGA, E. O., & JARDIM, M. A. G.. Florística, estrutura e formas de vida do estrato inferior de uma Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Para, Brasil/Floristic, structure and life forms of lower stratum in a Alluvial Dense Rain Forest, Para state, Brazil. *Ciência Florestal*, vol. 29, n.3, p.1048-1060, 2019.

BRITO, A. D.; COELHO, R. DE F. R.; ROSAL, F. L.. Os extrativistas de andiroba em projetos de assentamentos agroextrativistas (paex) da várzea de Igarapé-Miri, Pará, Brasil. *Revista Agroecossistemas*, v. 11, n. 2, p. 82-101, 2020.

CANTO, O. do. *Várzea e Varzeiro da Amazônia*. Belém: MPEG. (coleção Eduardo Galvão), 2007.

CANTO, S. A. E. Processo extrativista do Açaí contribuição da ergonomia com base na análise postural durante a coleta dos frutos. 115 f. 2001. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CARVALHO, M. P. et al. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p. 695-703, 2003.

CARIM, M. D. J. V., ABDON, L. M., DA SILVA GUIMARÃES, J. R., & TOSTES, L. D. C. L. Análise estrutural de açazais nativos (*Euterpe oleracea* Mart.) em floresta de várzea, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, vol. 4, n.4, p. 45-51, 2014.

CAVALCANTE, S. C. ECOSSISTEMA DE VÁRZEA: ETNOBOTÂNICA E ECOFISIOLOGIA. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Ambientais, Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2014.

CONAB - Mercado e comercialização – Cenário comparativo da Região Norte e Nordeste 2019 -disponível em : www.conab.gov.br > [info-agro](#) > [acesso em : 21/07/2019.](#)

COLODEL, J. R., PIERANGELI, M. A. P., SOUZA, M. F. P., CARVALHO, M. A. C. D., & Dalchiavon, F. C.). Atributos físicos e biológicos de Argissolo Vermelho-Amarelo Amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol, 41, n.2, p.1-10, 2018.

COSTA, A. N. Estudo Dos Atributos Do Solo E Qualidade Da Água Do Rio Sob Açazais Nativos Na Amazônia Oriental, 2020 (DISSERTAÇÃO) - Curso de Agronomia – UFRA - 2020

CUNNINGHAM, S. C., ROXBURGH, S. H., PAUL, K. I., PATTI, A. F., & CAVAGNARO, T. R. Generating spatially and statistically representative maps of environmental variables to test the efficiency of alternative sampling protocols. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 243, 103-113. CORSTANJE, R. et al. Physical soil quality indicators for monitoring British soils. *Solid Earth*, v. 8, p. 1003–1016, 2017.

DA SILVA, R. C., & DE OLIVEIRA, P. C. Ecofisiologia de espécies arbóreas de interesse à piscicultura em várzea Amazônica. *Ambiente y Sostenibilidad*, p. 17-23, 2016.

DE SOUZA, A. R., ESCADA, M. I. S., MARUJO, R. D. F. B., & MONTEIRO, A. M. V. Cartografia do Invisível: Revelando a Agricultura de Pequena Escala com Imagens Rapideye na Região do Baixo Tocantins, Pa. *Revista Do Departamento De Geografia*, n. 38, p. 137-153, 2019.

DE OLIVEIRA, M. D. S. P., de Farias Neto, J. T., & da Silva Pena, R.. Açai: técnicas de cultivo e processamento. *CEP*, 60, 002, 2007.

DEMARCHI, J. C., PIROLI, E. L., & ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo–SP usando imagens LANDSAT-5. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 21. 2011.

ENRÍQUEZ, G; SILVA, M. A. da; CABRAL, E. Biodiversidade da Amazônia: uso e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará. Belém: UFPA, 2003.

FALESI L.A, SANTANA A.C de & SANTANA Á .L Adinâmica do Mercado de frutas na mesorregião Nordeste Paraense, no período 1985 a 2005. *Teoria e Evidência Econômica*, n. 16:p. 9-22, 2010.

- GAVLAK, A. A. Padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional no Distrito Florestal Sustentável da BR-163: população, espaço e ambiente. 2011. 177 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: . Acesso em: 23 novembro. 2020
- GOMES, A. da S.; SILVA, C. A. S. da; PARFIT, J. M. B.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S., Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Documentos 169, 40p, 2006.
- GÓMEZ, C., WULDER, MA, MONTES, F., & DELGADO, JA). Modelagem de parâmetros estruturais da floresta nos pinheiros mediterrâneos do centro da Espanha usando imagens QuickBird-2 e análise de árvore de classificação e regressão (CART). Sensoriamento remoto , vol. 4, n. 1, p. 135-159, 2012
- FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto /Tereza Gallotti Florenzano.3 ed.ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, p, 71-79, 2011.
- HOMMA AKO O desenvolvimento da agroindústria no Estado do Pará. Ciências Exatas e Tecnologia, n. 3:p. 47-76, 2001.
- HOMMA AKO – Extrativismo, história, ecologia, economia e desertificação vegetal na Amazônia – EMBRAPA –Livro, DF, 2014.
- HOMMA AKO, Nogueira O. L. Menezes A. J. E. A. Carvalho J. E. U., Nicoli C. M. L.
- Matos G. B. AÇAÍ: NOVOS DESAFIOS E TENDÊNCIAS, Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 1, n. 2, jan./jun, 2006.
- IBGE, R.. Manual técnico da vegetação brasileira, 2012. Consultado em :05/11/2020
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo do município de Igarapé-miri-PA, 2019. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/i_igarape-miri/panorama. Acesso em: 21 de outubro de 2020.
- IBGE.. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal – PAM, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes>. Acesso em: 05 de dezembro de 2020.
- FALESI, I. C. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira. In: Simpósio do Trópico Úmido, 1. , 1984, Belém. Anais... Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984.
- FARIAS NETO JT, RESENDE MDV, OLIVEIRA MSP Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. Revista Brasileira de Fruticultura, vol. 33, n.1:p. 532-539, 2011. doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025
- FRAXE T DE J P., PEREIRA H. DOS S., WITKOSKI A. C. Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais - Manaus: EDUA, 2007.

JARDIM, M. A. G., AMARAL, D. D., SANTOS, G. C. D., MEDEIROS, T. D. S., SILVA, C. A. D., FRANCEZ, D. D. C., & COSTA NETO, S. V.. Análise florística e estrutural para avaliação da fragmentação nas florestas de várzea do estuário amazônico. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004.

LIMA, R. R. A. Agricultura nas várzeas do estuário do Amazonas. Boletim Técnico, Belém, IAN, n. 33, 1956.

MAUÉS, R. D. C. D. S. Sistemas de manejo em açazais nativos praticados por comunidades ribeirinhas na ilha Maracapucu Palmar, Abaetetuba-Pará-Brasil, 2019.

Ministério do Meio Ambiente. Açai sustentável no Pará Disponível em : <https://www.mma.gov.br/informma/item/9517-açai-sustentavel-no-pará> acesso em 12/09/2019.

LIMA, A. M. T. ATAÍDES, A. G. de.; SOUZA, E. P. B. de.; SEIBERT, C. S.; MUCARI, T.. Área de (des) proteção ambiental Serra do Lajedo – TO: Degradação ambiental identificada por análise de cobertura vegetal e crimes registrados no período de 2001 a 2016. Gaia Scientia, vol. 12, n.1 p. 259-272, 2018

LOPES LMB. Mercado e distribuição dos retornos sociais do manejo do açaí para produção de fruto. Dissertação de Mestrado. Belém, Universidade da Amazônia. 73p, 2001.

LOPES, M. L. B. Distribuição dos retornos sociais do manejo do açaí no estado do Pará. In: GRAÇA, H. (Org.). O meio amazônico em desenvolvimento: exemplo de alternativas econômicas. Belém: Banco da Amazônia, p. 19-46, 2003.

MOTA, E. R., DIONISIO, L. F. S., SCHWARTZ, G., & PORTO, N. M. Diversidade, distribuição espacial e espécies arbóreas estruturantes em Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 71192-71208, 2020.

NEVES, L. T. B. C., CAMPOS, D. C. D. S., MENDES, J. K. S., URNHANI, C. O., & ARAÚJO, K. G.. Qualidade de frutos processados artesanalmente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 37, n.3, p. 729-738, 2015.

NOGUEIRA O. L. Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., 1997

NOGUEIRA AKM As tecnologias utilizadas na produção de açaí e seus benefícios socioeconômicos no estado do Pará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 73p, 2011.

OLIVEIRA, L. P. de., et al. Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Açai no Estado do Pará - PROAÇAÍ – PA. Belém, SEDAP 2016.

OLIVEIRA, W. S. N. Identificação de possíveis áreas afetadas por saís no perímetro irrigado de São Gonçalo por meio de Sensoriamento Remoto. 2018. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB,. 89 p, 2018.

OLIVEIRA, H. S., MARCHESAN, J., ALBA, E., HONNEF, D. H., WOLFER, M. F., & PEREIRA, R. S. (2020). Avaliação de algoritmos para classificação de uso e cobertura da terra na porção central do Rio Grande do Sul a partir de imagens de alta e média resolução espacial. *Geo UERJ*, (37). 2020.

OLIVEIRA, P. D. S. D. Uso de aprendizagem de máquina e redes neurais convolucionais profundas para a classificação de áreas queimadas em imagens de alta resolução espacial, 2019.

OLOFSSON, P., FOODY, G. M., HEROLD, M., STEHMAN, S. V., WOODCOCK, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, n.148, p. 42-57, 2014.

PADOCH, C., Ayres, M., Pinedo-Vasquez, M.; Henderson, A. (eds).. *Várzea: Diversity, Development, and Conservation in Amazonia's Whitewater Floodplains*. The New York Botanical Garden Press, New York, 200.

PAROLIN, P.; DE SIMONE, O.; HAASE, K.; WALDHOFF, D.; ROTTENBERGER, S.; KUHN, U.; KESSELMEIER, J.; SCHMIDT, W.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *The Botanical Review*, vol. 70, n. 3, p. 357-380, 2004

QUARTEZANI, Waylson Zancanella. GEOESTATÍSTICA, SIMULAÇÃO ESTOCÁSTICA E SENSORIAMENTO REMOTO NA ESTIMATIVA DE RODUÇÃO DO CAFÉ CONILON. 2012. 41 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de otucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

QUEIROZ JAL & MOCHIUTTI S Guia prático de manejo de açazais para produção de frutos. Macapá: 2001

ROGEZ, H. Açai: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação. 1 ed. Belém – P ará: EDUFPA, 2000.

ROSA, J. C. S., SOUZA, B. A., & SÁNCHEZ, L. E. Identificação de serviços ecossistêmicos em áreas de floresta mediante sensoriamento remoto. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 53, 2020.

SANTOS, R. S.; COELHO-FERREIRA, M. Estudo etnobotânico de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em comunidades ribeirinhas do Município de Abaetetuba, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, vol.42, n.1, 2012.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, Eveleigh, vol. 138, p. 335-356, nov. 2000.

SIMONIAN L.T.L. Devastação e impasses para a sustentabilidade dos açazais no Vale do Rio Maracá, AP. In: Jardim, M.A.G.; Mourão, L.; Grossman, M. Açai: possibilidade e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 233-254, 2004.

SODRÉ, J. B.; Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico. 61p. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo) - Universidade Federal de Lavras. Lavras – Minas Gerais. 2005.

TAGORE, M. P. B. O - Aumento da demanda do açai e as alterações sociais, ambientais e econômicas: O caso das várzeas de Abaetetuba, Pará . Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, - 2017.

TAGORE, M. D. P. B., DO CANTO, O., & SOBRINHO, M. V.. Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açai. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 45, 2018.

SANTANA AC DE & COSTA FA Mudanças recentes na oferta e demanda do açai no Estado do Pará. In: Santana AC de, Carvalho DF & Mendes AFT (Eds.) Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização, mercado e competitividade empresarial. Belém, Banco da Amazônia. p.205-226, 2008

STEWART, A. Reconfigurando a agrobiodiversidade no estuário amazônico: integração de mercado, comércio de Açai e práticas de manejo de pequenos produtores no Amapá, Brasil. *Ecologia humana* , vol. 41, n.6, p. 827-840, 2013.

SILVA, A. D. C. D., SMIDERLE, O. J., de OLIVEIRA, J. M. F., & de Jesus Silva, T. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açai. *Advances in Forestry Science*, vol. 4, n.4, p. 151-156. 2017.

SOUZA M.P, SILVA T.N da, PEDROZO E.Á & SOUZA FILHO T.A. de), O Produto Florestal Não Madeirável (PFNM) Amazônico açai nativo: proposição de uma organização social baseada na lógica de cadeia e rede para potencializar a exploração local. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 3:44-57, 2011,

TREGIDGO, D., CAMPBELL, A. J., RIVERO, S., FREITAS, M. A. B., & ALMEIDA, O. Vulnerability of the Açai Palm to Climate Change. *Human Ecology*, vol. 48, n.4, p. 505-514, 2020.

WULDER, MA Técnicas de sensoriamento remoto óptico para avaliação de inventário florestal e parâmetros biofísicos. *Prog. Phys. Geog* 1998 , 22 , 449–476

YUAN Z. , GAZOL A. , LIN F. , YE J. , SHI S. , WANG X. , WANG M. , Z. Hao Carbono orgânico do solo em uma floresta temperada primitiva: padrão espacial, determinantes e viés na sua quantificação *Geoderma* , 195 , pp. 48 – 55, 2013

2 MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ÁREAS COM AÇAIZAL NATIVO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

(Normas do Journal of Agricultural Science) ¹

Resumo

A várias décadas os pomares de Açaí (açaiçais) influenciam diretamente na sobrevivência das famílias das várzeas Amazônicas. Neste período o fruto de Açaí deixou de ser produzido exclusivamente para consumo local e passou a ser item de exportação com o manejo intensivo, incremento dos pomares nas várzeas e o surgimento dos plantios de terra firme, deixando de representar uma atividade tipicamente extrativistas na Amazônia. Objetivou-se mapear as classes de uso e cobertura, e as ocorrências dos maciços de açaiçais, bem como analisar parâmetros físico-químicos de cinco ilhas do município de Igarapé-Miri, Estado do Pará-Brasil, onde há grande ocorrência de açaiçais produtivos. As ilhas avaliadas foram: Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu, onde foram realizadas coletas geolocalizadas nas áreas de maior ocorrência de açaiçais, tanto para auxiliar na classificação das imagens quanto para amostragens de solos. Imagens Planet de agosto de 2019 foram processadas pelo método não supervisionado, onde foram obtidas sete classes de uso de cobertura: hidrografia, solo exposto, área urbana, aluvial, terras baixas, arbóreas e agricultura. Desta forma, foram identificadas ocorrências de pomares produtivos correlacionados aos bons atributos de fertilidade do solo nas várzeas sob inundação e sedimentação contínuas. A correlação confirmou a maior produtividade de açaí nas classes Aluvial e Terras baixas, que possuem predominância na área estudada, apresentando solos considerados férteis de textura franco-argilo-siltosa e franco-siltosa, elevada saturação por bases (acima de 50%), altos teores de matéria orgânica e presença significativa de potássio e fosforo.

Keywords: Açaí, Várzea Amazônica, Geotecnologias, Parâmetros do solo.

Abstract

For several decades, the Acai orchards (*acaizais*) have directly influenced the survival of the families in the Amazonian floodplains. In this period, the production of the Acai fruit for local

¹Artigo publicado no jornal Journal of Agricultural Science; Vol. 13, No. 5; 2021.
<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/45087>

consumption was ceased and became an export item produced in intensive management, resulting in an increase in orchards in the floodplains and the emergence of dryland plantations, no longer representing a typical extractive activity in the Amazon. The objective of this study was to map the classes of use and coverage, and the occurrences of the Acai orchards massifs, as well as to analyze the physical and chemical parameters of five islands in the municipality of Igarapé-Miri, State of Pará, Brazil, where there is a great occurrence of productive Acai orchards. This work evaluated the following islands: Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão, and Buçu, where geolocalized collections were carried out in the areas with the highest occurrence of Acai orchards, both to assist in the classification of images and for soil sampling. August 2019 Planet images were processed using the unsupervised method, where seven classes of cover use were obtained: hydrography, exposed soil, urban, alluvial, lowland, arboreal, and agriculture areas. Therefore, occurrences of productive orchards were identified and correlated to the good attributes of soil fertility in the floodplains under continuous flooding and sedimentation. The correlation confirmed the higher productivity of Acai in the Alluvial and Lowland classes, which predominate in the evaluated area, presenting soils considered fertile with a loam-clay-silty and loam -silty texture, high base saturation (greater than 50%), high organic matter content, and significant presence of potassium and phosphorus.

Keywords: Acai, Amazon floodplains, Geotechnologies, Soil parameters.

2.1 Introdução

Entre as culturas nativas da região amazônica e com maior importância econômica, social e cultural, destaca-se o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), espécie componente da floresta nativa com predominância em áreas de várzea (Nogueira, 1997; Tregidgo et al., 2020). O Estado do Pará destaca-se nacionalmente como maior produtor de açaí, com uma produção anual de 1.274.056 toneladas do fruto (IBGE, 2019).

O crescimento da demanda do fruto de açaí provocou grande interesse no manejo de açazeiros nas áreas de várzeas (Homma et al., 2006) e a expansão dos açazeiros manejados em áreas de terra firme, com a utilização da irrigação (Farias Neto et al., 2011), essas mudanças de manejo já foram registradas, mas estudos em floresta de várzea ainda são raros (Jardim et al., 2004; Lôbo et al., 2011; Arroyo-Rodríguez et al., 2013).

As áreas de açazeiro nativos tiveram aumento na produção, por outro lado, tem modificado o ecossistema de várzea, inclusive provocando significativas erosões nas ilhas (Tagore et al., 2018), causando enfraquecimento das encostas e, em consequência, a deposição de grandes quantidades de sedimentos no leito dos rios em função do desmatamento desordenado

(Gonçalves e Brasil, 2016). Contudo, Brito et al., (2020) consideram que estudos dessa natureza, reforçam a importância sobre a produção/conservação das espécies nativas.

No entanto a comercialização do fruto do açaí mostra-se uma alternativa com grande potencial econômico e que contribui essencialmente para a renda de comunidades extrativas na Amazônia (E Silva *et al.*, 2019) promovendo a exploração sustentável das florestas de várzea (Homma *et al.*, 2006) e ampliando as economias local e nacional (Tagore *et al.*, 2018).

Neste contexto, estudos sobre o mapeamento das grandes áreas de açazal na Amazônia brasileira, ainda são escassos. Nem mesmo a comunidade local possui qualquer estimativa da dimensão das áreas ali exploradas, bem como das suas transformações e impactos ao longo dos anos. Nos estudos mais recentes de Lima et al., (2018) sobre degradação ambiental identificada por análise de cobertura, o uso de tecnologias mostrou-se eficaz para a avaliação do comportamento da vegetação, permitindo monitorar e estimar a expansão das alterações no meio ambiente. O uso de técnicas de classificação digital de imagens fornecem uma visão sinóptica e informações sobre a dimensão temporal dos fenômenos espaciais, possibilitando gerar informações sobre a dinâmica e os padrões espaciais da paisagem em áreas de grandes extensões territoriais (De Souza et al., 2019).

A utilização dos sensores com alta resolução espacial, como é caso do sensor Planet com resolução espacial de três metros, tem se mostrado fontes verídicas na avaliação das características das áreas mapeadas, consistindo em informações confiáveis, robustas e ativas na análise da dinâmica do uso e cobertura do solo.

O conhecimento da qualidade de um solo através de seus atributos físico-químicos e biológicos é fundamental para avaliar áreas impactadas e agrícolas (Colodel *et al.*, 2018), bem como as áreas de várzeas da Amazônia (Fajardo et al., 2009). Logo, conhecer a variabilidade espacial de atributos do solo pode auxiliar no manejo de áreas de açazais nativos neste ecossistema com o uso das geotecnologias, o que sustenta o elevado potencial produtivo das áreas com a alta fertilidade natural dos solos e produtividade nas ilhas.

Dessa forma Rodríguez-Echeverry *et al.*, (2018) recomendam que tais estratégias na mudança do uso da terra obtidos com uso de geotecnologias possam servir como informações cruciais para planejamento de estratégias de conservação e também para subsídio aos programas e aos demais instrumentos de planejamento e gestão territorial e ambiental. Neste contexto, objetivou-se analisar através da classificação não supervisionada de imagens os mapas temáticos de representatividade das áreas de maior ocorrência de açazal pelo algoritmo ISODATA as cinco ilhas do município de Igarapé-Miri/PA; correlacionar os mapas gerados com resultados de análises de atributos físicos e químicos dos solos das áreas.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Município de Igarapé-Miri, localizado na região do Baixo Tocantins na mesorregião do Nordeste Paraense. O Município está a 78 km da capital do estado do Pará, Brasil e apresenta área territorial de 199,679 ha (IBGE, 2019) (Figura 1). O clima da região é do tipo tropical úmido correspondente ao megatérmico tipo Ami segundo classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica anual é acima de 2.000 mm com temperatura média anual de 27°C, umidade relativa de 80% (Alvares et al., 2013).

Foram selecionadas cinco ilhas participantes do Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE), que apresentam maior representatividade para o fruto do açaí (Tabela 1).

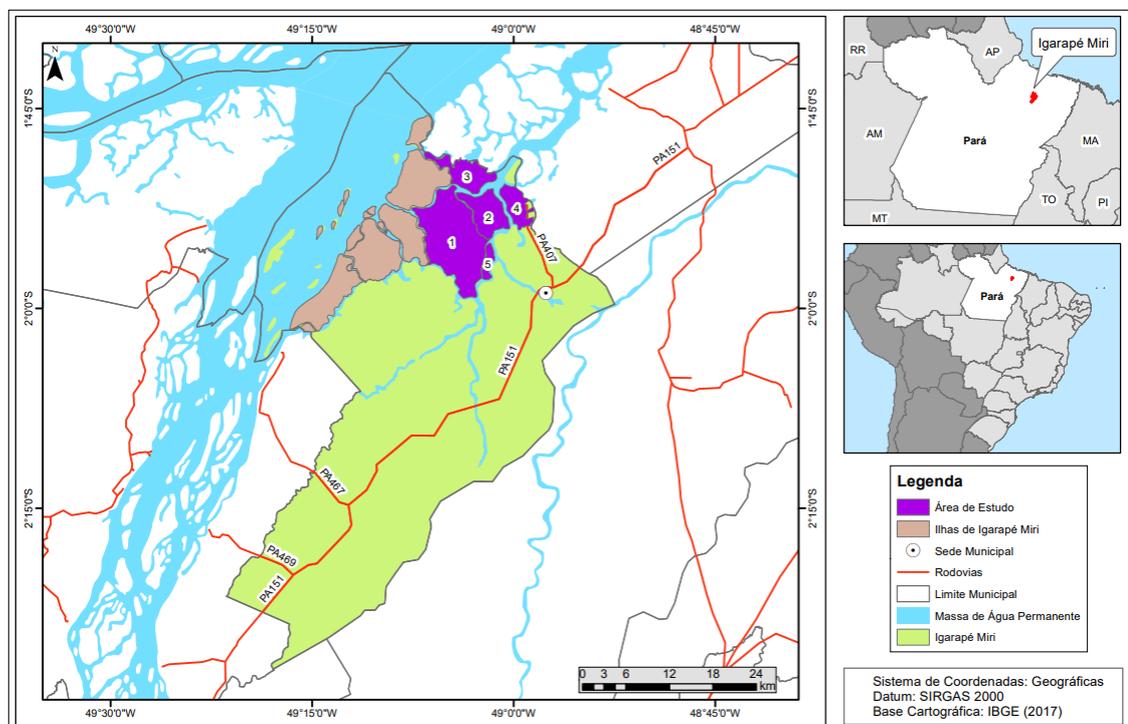


Figura 1. Localização da área de estudo, Região das Ilhas – Igarapé-Miri.

Tabela 1. Características das ilhas da área de estudo

Island	Coordinates		Altitude (m)	Area (ha)
	Latitude	Longitude		
JARIMBU	1°54'27.18"S	49° 4'17.25"O	6	8,673.71
MAMANGAL	1°53'13.67"S	49° 1'30.95"O	8	2,590.76
ITABOCA	1°50'14.17"S	49° 2'54.44"O	16	2,806.13
MUTIRÃO	1°52'21.30"S	49° 0'8.44"O	12	1,708.52
BUÇU	1°56'3.01"S	49° 1'48.35"O	7	506.57

2.2.2 *Obtenção e Pré-processamento das imagens de satélites*

Foram utilizadas oito imagens do sensor Planet obtida em nove e dez de agosto de 2019, através de solicitação à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), e cedida à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) para uso em pesquisa. As imagens possuem resolução espacial de 3 metros composta das seguintes bandas espectrais: Banda 1 (455–515nm), Banda 2 (500–590nm), Banda 3 (590–670nm) e Banda 4 (590–670nm). Os arquivos shapefiles das ilhas foram baixados diretamente do acervo fundiário do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

As imagens foram georreferenciadas e submetidas a correção atmosférica. Todo o pré-processamento das imagens de satélite utilizadas foi realizado individualmente para cada ilha usando o software QGIS. Foi feito o recorte da imagem com a delimitação de cada ilha e, posteriormente, o mosaico das mesmas.

2.2.3 *Classificação não supervisionada das imagens*

Após o pré-processamento da imagem, a classificação não supervisionada foi elaborada no software ENVI 5.3 utilizando o algoritmo ISODATA (Iterative Selforganizing Data Analysis Technique) desenvolvido por (Geoffrey e Hall 1965). As vantagens do uso deste algoritmo estão relacionadas a não necessidade de se conhecer a área avaliada, a minimização de erros humanos, ao fato de os pixels serem separados espectralmente e, ao controle sobre o número de classes e interações pelo analista (Morariu e Burescu, 2018).

Para a formação de cluster e agrupamento, com base na distância euclidiana, foi utilizada a fórmula de distância espectral mínima conforme (Swain e Davis, 1978), segundo a (Equação 1):

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_i^n 1(\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \quad (1)$$

Onde: **n** - número de bandas; **i** - número da banda; **c** - classe particular; **X_{xyi}** - valor do arquivo de dados do pixel **x**, **y** na banda **i**; **μ_{ci}** - Média dos valores do arquivo de dados (números digitais) em **i** para a amostra da classe **c**; **SD_{xyc}** - Distância espectral dos pixels **x**, **y** a média da classe **c**.

O padrão de definição foi aplicado a uma classificação com parâmetro de 30 classes, permitindo que o software separasse os diferentes alvos da imagem e com parâmetros de interações especificado em 15 para o acompanhamento do processo

2.2.4 Pós-processamento das imagens de satélites

A análise da imagem para pós-processamento dos resultados foi executada por meio da interpretação visual. Este procedimento consiste na interpretação da imagem diretamente na tela do computador, fazendo uso de elementos básicos, tais como cor, textura, forma, tonalidade, tamanho, sombra, padrão, adjacências e localização geográfica (Loch, 1993; Temba, 2000; Gomes, 2001; Moreira, 2003; Barcellos et al., 2005). A reclassificação foi realizada de forma manual pixel a pixel utilizando o complemento ClassEdit do software no Envi. O processo desde a obtenção das imagens até a análise de classificação obtida é representado na (Figura 2).

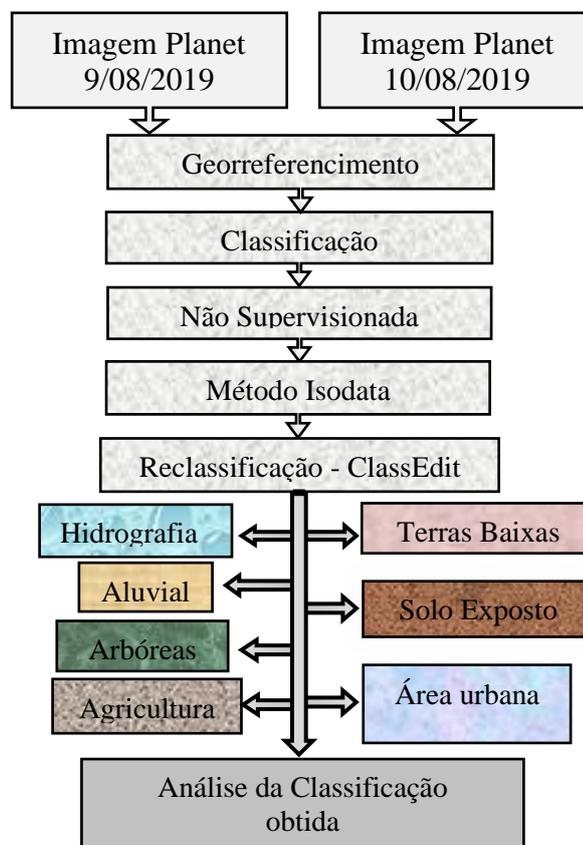


Figura 2. Fluxograma da metodologia desenvolvida

A reclassificação tem por objetivo reunir subclasses em suas classes correspondentes, facilitando a compreensão da classificação (Matsukuma, 2002). Esta técnica separa automaticamente os pixels em grupos (clusters) de caráter espectral semelhante (Verma et al., 2017), gerando grande sucesso na análise dos agrupamentos (Meneses e Almeida 2012). Para melhor compreensão da classificação foram geradas descrições a partir do tipo de classe gerado no estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação e descrição das áreas de uso e ocupação do solo

Tipo de classes	Descrição
Hidrografia	rios, canais, furos, lagos, igarapés
Solo exposto	banco de areia, solo nú, estrada
Área urbana	casas, vilarejo, área construída
Aluvial	presença dos Açaizeiros com presença constante de água
Terras Baixas	presença dos Açaizeiros sem presença constante de água
Arbóreas	árvores de grande porte e densa: Ucuuba, Andiroba, Seringueira, Mututi Munguba, Pracuúba, etc.
	Árvores de pequeno porte e frutíferas: cacau, Buriti, Taperebá, Manga etc.
Agricultura	Monocultivo e Sistemas agroflorestais

Para a eliminação de ruídos e suavização da imagem aplicou-se o filtro Majority parameters 3x3 (Vasconcelos, 2016). Em seguida, foi realizada a edição da classificação, através de interpretação visual, de acordo com o comportamento espectral de cada pixel (Duarte e Silva, 2019). Posteriormente, o arquivo foi transformado em arquivo de vetor (shapefile) e quantificado gerando dados tabelados.

Para aferição do processo de classificação das imagens Planet foram considerados as seguintes ações metodológicas: i) Avaliação dos Erros de omissão e comissão (estatísticas de percentuais de erros e acertos da classificação pixel a pixel, atribuídos pelas matrizes de confusão) ; ii) Inspeção visual pós-classificação verificando a distribuição e conexão entre as classes geradas, a existência de pixel isolados, e a necessidade de edição de classificação; iii) Validação e confirmação *in loco* através da coleta georreferenciada nas classes mapeadas em visita na área de estudo antes e após o processo de classificação das imagens.

2.2.5 Amostragem de solo

Nas áreas de maior ocorrência de açazal foram coletadas amostras deformadas de solo na camada de 0 a 0,10 m, com uma distância de 50 a 100 m da margem do rio e de 1 a 2 km de um ponto a outro de coleta, totalizando 19 amostras para as cinco ilhas Figura 3. Em seguida as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Esta amostragem foi realizada no mês de agosto, período de baixa pluviosidade na região. Todos os pontos de coleta foram georreferenciados com auxílio de GPS (Global Position System).

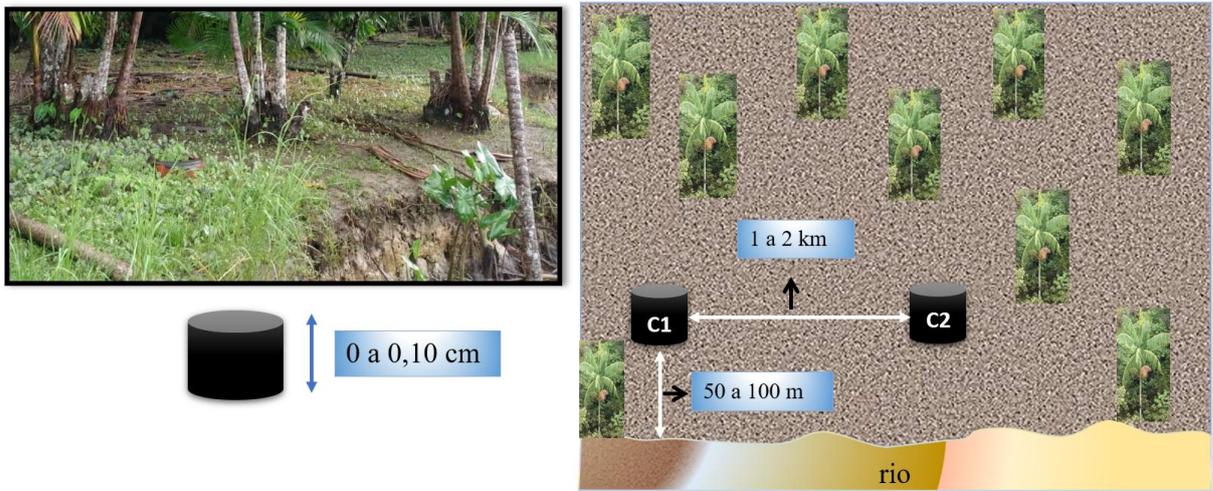


Figura 3. Esquema de representação de coletas das amostras em campo

2.2.6 Análises laboratoriais de solos

Os atributos químicos do solo foram determinados segundo a metodologia de Teixeira et al., (2017): pH em água e KCl na proporção solo: solução (1:2,5). P disponível e K, extraídos por Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ + 0,05 mol L⁻¹ de HCl), sendo o P determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama; Al, Ca e Mg extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Al determinado por titulação (volumetria de neutralização), enquanto que Ca e Mg foram determinadas por complexometria com EDTA; H+Al extraídos com solução de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinados por titulação. O carbono orgânico foi determinado pelo método de (Walkley e Black, 1934) modificado, baseado no princípio da oxidação da matéria orgânica, com dicromato de potássio em meio sulfúrico.

A distribuição do tamanho de partículas foi determinada pelo método da pipeta com uso do NaOH 1M. Antes da dispersão, as amostras com conteúdo de matéria orgânica > 5% passaram por pré-tratamento para remoção da matéria orgânica com H₂O₂ (Gee e Bauder, 1986). A fração areia foi separada por tamisação, a argila por sedimentação e a fração silte calculada por diferença.

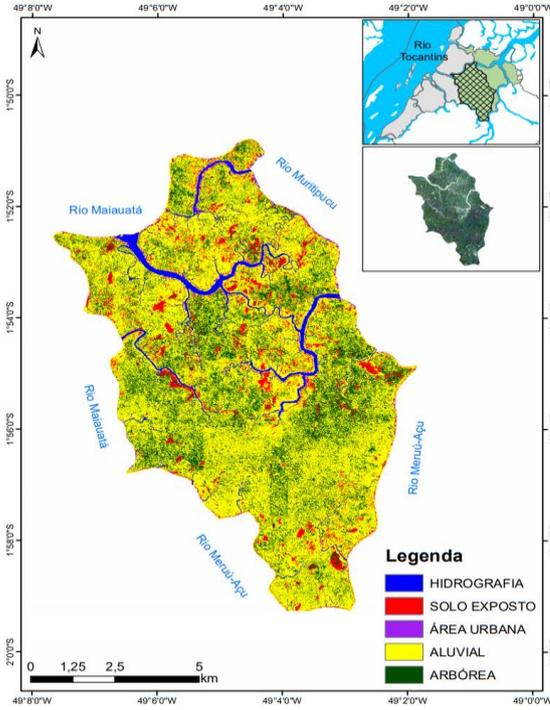
2.3. Resultados e Discussão

2.3.1 Classificação do uso e cobertura do solo das ilhas

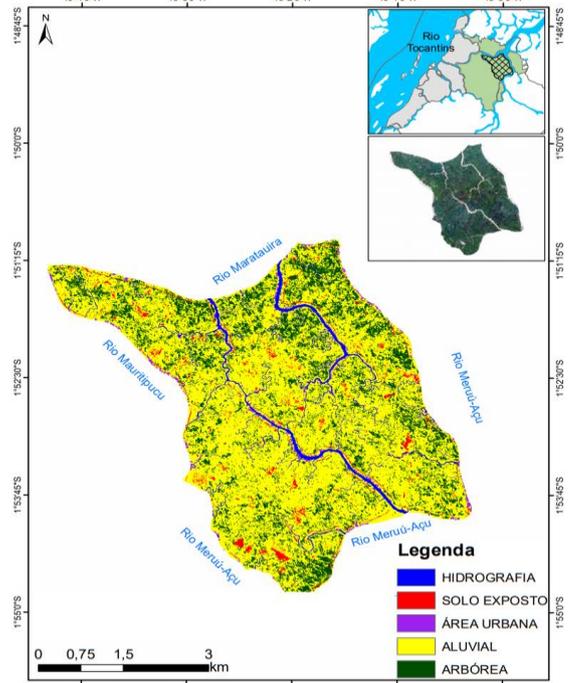
Os resultados obtidos para a reclassificação não supervisionada do uso e cobertura do solo das 5 ilhas pelo método IsoData gerou a identificação de padrões dos níveis de cinza. Estes padrões são definidos como amostras agrupadas por clusters de unidades espaciais (Olofsson et al., 2014).

Observou-se a geração de nova classificação por agrupamento aplicada nas Imagens Planet 2019 (Figura 4). As imagens foram selecionadas exatamente no período de safra do açaizal, o

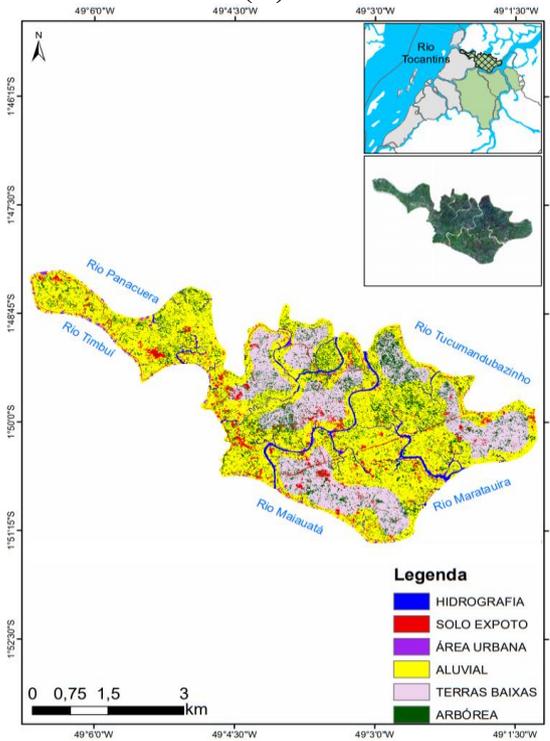
que forneceu boa resolução espacial das áreas e consequentemente, permitiu a identificação dos maciços de açaí em cada ilha e as classes de maior relevância



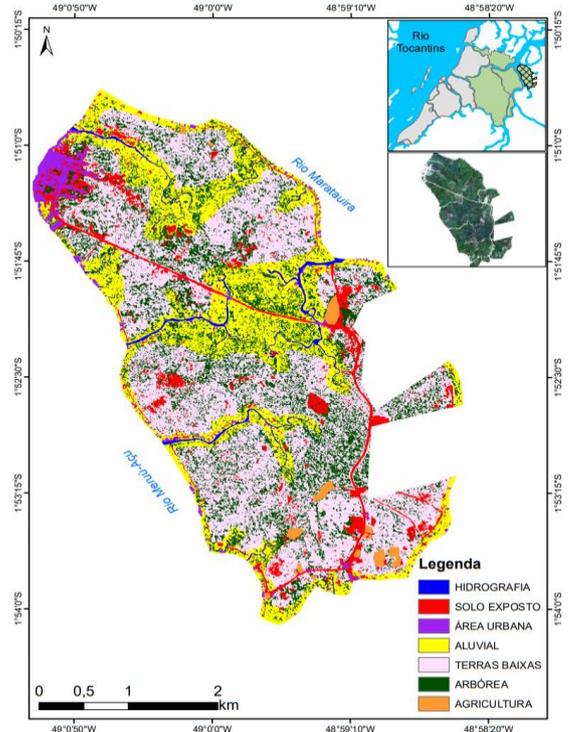
(A)



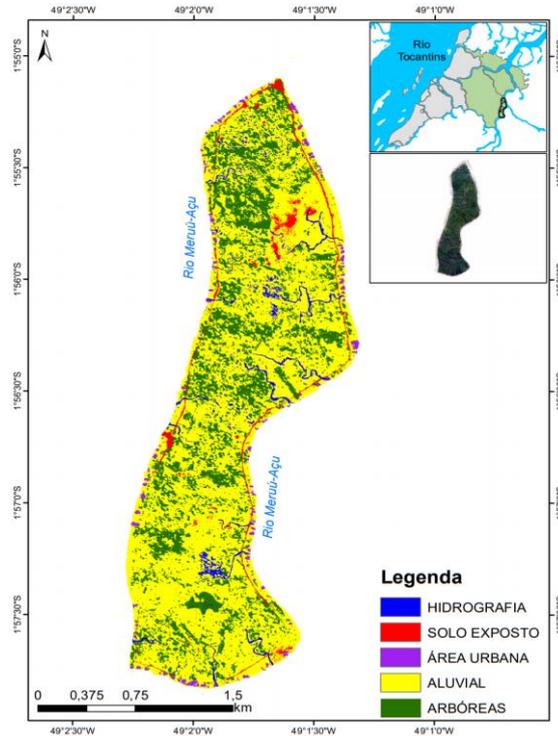
(B)



(C)



(D)



(E)

Figura 4 - Classificação das 5 ilhas pelo método não supervisionado, utilizando o algoritmo Isodata (A: Pae Jarimbu; B: Pae Mamangal; C: Pae Itaboca; D: Pae Mutirão; E: Pae Buçu).

As classes Aluvial e Terras baixas foram observadas em todas as ilhas e, juntas, representaram 67,72% do total de área avaliada, ou seja, 10 mil hectares onde o açaizal está presente (Figura 3). Homma (2014) estimou que cerca de 80 mil hectares de várzea foram transformados em áreas homogêneas de açai. Nas ilhas Jarimbu, Mamangal e Buçu foram identificadas cinco classes de interesse; Itaboca apresentou seis classes e Mutirão sete classes, conforme (Tabela 3). A caracterização das formações da Floresta Ombrófila densa apresenta duas formações diferentes a: Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e a Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Veloso et al., 1991), sendo esta última, uma formação com muitas palmeiras IBGE (2012), muito característico dessas áreas de várzeas nessa região. Para cada ilha analisada com sua respectiva classe levantada, os valores foram obtidos em número de pixels e convertido para área, em hectare (Tabela 3).

Tabela 3. Representação da classificação geradas das áreas por hectares das cinco ilhas.

Classes	PAE – ILHAS (ha)				
	Jarimbu	Mamangal	Itaboca	Mutirão	Buçu
Hidrografia	364.48	105.30	96.37	27.26	13.22
Solo exposto	645.50	71.54	143.05	123.84	11.31
Área urbana	80.14	33.18	29.48	39.75	7.94
Aluvial	5529.29	1823.05	1508.43	320.00	350.53
Terras Baixas	-	-	611.81	601.83	-
Arbóreas	2054.30	557.68	417.00	413.89	123.57
Agricultura	-	-	-	16.95	-
Área total (ha)	8.673,71	2.590,76	2.806,13	1.543,52	506.57

A porcentagem referente aos tipos de uso e ocupação do solo encontrados para cada ilha são demonstrados na (Figura 4). A classe Terras Baixas foi observada em duas ilhas apenas, Itaboca e Mutirão, com 21,80% e 38,99% do total da área, respectivamente (Figura 5); em razão das maiores altitudes médias destas áreas (16 m e 12 m, respectivamente) em comparação as demais (Tabela 1). Já nas demais ilhas estudadas, tais como, Jarimbu, Mamangal, Itaboca e Buçu, a classe Aluvial representa, mais que 50% de toda ocupação do solo, isso demonstra a grande presença de Açaizal nestas áreas, estando diretamente ligado a redes de rios que envolvem essas áreas.

A ilha Mutirão apresentou apenas 20,73% para a classe Aluvial (Figura 5), indicando a predominância de outras classes como terras baixas, agricultura, área urbana, sendo também a ilha que menos apresenta rede rios o que foi confirmado pela classificação de hidrografia em 1,77% e, conseqüentemente por ser a ilha que mais sofre influência pela ação humana no uso e cobertura do solo. Para Assis (2011), é muito difícil distinguir as formações Aluvial e Terras baixas em decorrência da semelhança fisionômica entre elas, havendo grande dificuldade de se estabelecer os limites entre a sedimentação aluvial (que constitui a planície aluvial) e os demais tipos de sedimentação e feições geomorfológicas.

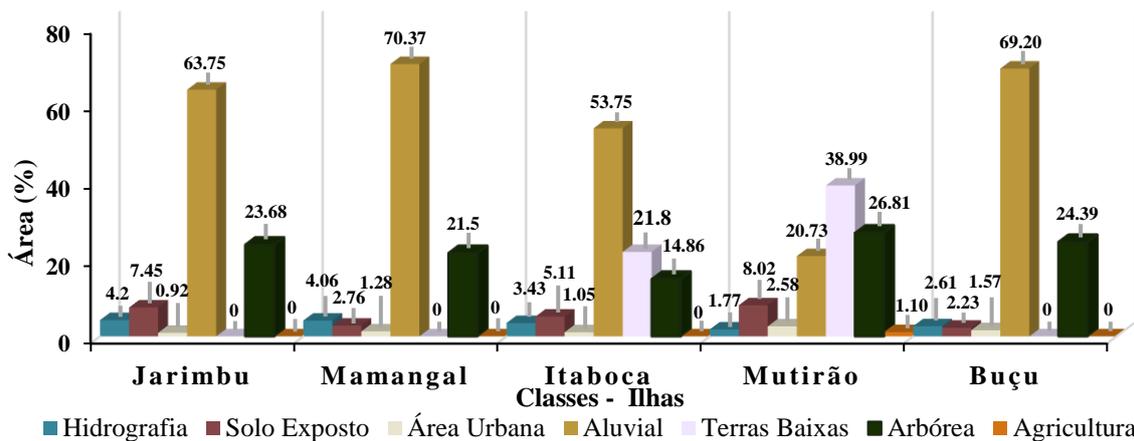


Figura 5. Distribuição percentual das classes de uso e ocupação do solo das ilhas de Igarapé-Miri.

A classe arbórea compreende um valor médio de 22% para todas as ilhas estudadas, com exceção a Ilha Itaboca, devido sua distribuição em classes como Aluvial com 53.75% e Terras baixas com 21,8% (Figura 5). Para estes resultados a classe arbórea é consequência das atividades antrópicas realizadas na floresta, como o manejo intensivo do açazeiro. Com a intensificação pela demanda do fruto do açaí, muitas espécies arbóreas, são retiradas de forma inadequada, resultando em mais de 50% de perda diversidade de espécies arbóreas e uma redução de 63% no número de espécies pioneiras (Freitas et al., 2015 a).

A alteração da paisagem na floresta ombrófila densa aluvial, decorrente do manejo dos açazeiros, também foi reportado por Braga e Jardim (2019). A baixa diversidade está associada às restritivas condições ambientais, como a saturação hídrica do solo, que leva a formação de uma comunidade desuniforme, com a dominância de poucas espécies, conhecidas como oligoespécies (poucas espécies com grandes quantidades de indivíduos) (Almeida et al., 2004; Carvalho et al., 2009). Entretanto, isso está sendo acelerado por práticas antrópicas, Santos Júnior et al., (2015) relata que a redução na biodiversidade das várzeas vem desfavorecendo outras espécies, corroborando com estudos de Tregidgo et al., (2020) na remoção seletiva de outras espécies de árvores.

Em relação a classe Solo Exposto, as ilhas Mutirão, Jarimbu e Itaboca se destacaram com valores de 8,02%, 7,45% e 5,11%, respectivamente. Atribui-se esta proporção à áreas de agricultura, estradas, limpeza do solo e bancos de areia. Braga e Jardim (2019), em seus estudos de Floresta Ombrófila Densa Aluvial no Pará, também concluem que estas áreas são possivelmente, limpadas com uso de desbaste favorecendo o desenvolvimento da palmeira e inibindo os mecanismos de regeneração, afugentando a fauna dispersora e abrindo clareiras. Por ser uma classe que expõe o solo das ilhas, tornasse ponto negativo, umas vez que foram retiradas espécies nativas acarretando erosão destes solos.

Já para classe Agricultura, apenas uma ilha apresentou esta característica, a ilha Mutirão com 16.95 (ha) em sua extensão, representando 1,1%, pois esta se localiza mais próximo a margem do município de Igarapé-Miri e atua como Rota do Açaí, rodovia importante sendo o meio de escoamento de toda a produção do fruto advindo das ilhas adjacentes.

A agricultura exercida pelos ribeirinhos ocorre pelos processos de roçagem/desbastes em suas áreas, como forma de implementação de alguma cultura, como relata Silva et al., (2018) em seus estudos do qual evidenciam que dos 130 assentados da Ilha Mamangal, 28% afirmaram que possuem Sistemas agroflorestais (SAFs) em seus lotes, com principais motivos a diversificação (produção), alimentação da família e, sombreamento da cultura do açaí (*Euterpe Oleracea* Mart.). Esta realidade coincide com o que acontece nas outras ilhas, pois se trata de práticas encontradas pelos ribeirinhos para implementação dos Safs como forma de renda dessas famílias.

A Classe área urbana caracterizada neste estudo, está representada pelas casas, vilarejos e área construída (Tabela 2). A ilha Mutirão apresenta maior representatividade nesta classe, com apresenta 2,58% do total de sua área. Enquanto, as ilhas Jarimbu, Mamangal, Itaboca, e Buçu apresentam, respectivamente, 0,92%, 1,28%, 1,05% e 1,57% de área urbana (Figura 5). Observou-se que a área urbana em todas as ilhas se apresentam predominantemente à beira dos rios. De modo geral, as populações tradicionais na Amazônia mantem forte ligação com a rede de rios, uma vez que estes proporcionam conectividade e mobilidade para suas populações (Amaral et al., 2013).

A classe caracterizada como Hidrografia está presente em todas as ilhas. Canto, (2007) relata que as várzeas são grandes faixas que margeiam os rios e periodicamente, são cobertas por águas. Tagore et al., (2018) no entanto apontam que os cursos dos rios estão sendo alterados pelo fluxo de embarcações, aumentando a largura de canais. Vale ressaltar que apenas foi classificado como Hidrografia as áreas internas de cada ilha, não sendo classificado portando sua borda externa na imagem, conforme classificação na (Figura 3). O que foi possível observar e determinar o quanto de massa d'água existe dentro de cada ilha.

2.3.2 *Classificação dos solos das ilhas*

Os resultados de atributos químicos do solo estão apresentados na (tabela 4), os solos das ilhas Mamangal, Itaboca e Mutirão apresentaram os menores valores médios de pH em água e KCl, em relação ao solo das ilhas Jarimbu e Buçu. O pH mais ácido nos solos das ilhas de Mamangal, Itaboca e Mutirão é decorrente do processo de ferrólise, comum em solos sujeitos ao hidromorfismo e ricos em ferro (Van Breemen e Buurman, 2002).

Em estudo de gênese do solo com ciclos de inundação têm-se verificado elevada acidez em horizontes superficiais nos solos de várzea em decorrência da ferrólise (Barbiero et al., 2010; Coringa et al., 2012; Da Silva et al., 2019). Estudos em Gleissolo sob vegetação nativa as margens do rio Guamá, atestaram pH ácido em água e KCl associado a alternância entre inundação e vazante do rio (LOPES et al., 2006).

O conteúdo de nutrientes nos solos estudados mostrou ampla distribuição e alta variação dentro de cada área, apresentando saturação por bases > 50% na camada superficial e também maiores valores de carbono orgânico (CO) e (pH) para as ilhas Jarimbu e Buçu. Freitas et al., (2015 b) em estudo de várzea, descreve que Valores elevados de saturação por bases e pH são muito utilizados na indicação de fertilidade do solo. Enquanto que para as outras três ilhas Mamangal, Itaboca e Mutirão a saturação por bases se deu < 50% e CO com valores menores.

Tabela 4. Estatística descritiva das propriedades químicas dos solos de açaizal nativos localizados em cinco municípios do estado do Pará (n = 19). Profundidade: 0-0,10 m

	pH		CO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
	H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
<i>S_{JAR}</i> (Ilha Jarimbu)												
Mín.	5,48	4,37	45,06	12,97	0,40	4,48	1,04	0,12	1,65	5,92	7,56	78,23
Máx.	7,96	7,10	149,81	263,71	0,54	13,15	1,89	0,47	16,67	15,58	32,25	48,32
Média	6,28	5,42	102,48	90,61	0,47	8,38	1,31	0,23	9,75	10,16	19,91	51,02
DP	1,13	1,18	43,16	118,74	0,08	3,57	0,39	0,16	6,18	4,05	10,23	39,56
CV (%)	18,03	21,73	42,12	131,04	16,92	42,64	30,22	72,93	63,42	89,79	153,21	58,61
<i>S_{MAM}</i> (Ilha Mamangal)												
Mín.	5,58	4,76	24,65	5,16	0,32	5,09	1,47	0,12	8,31	6,88	15,19	45,28
Máx.	5,92	5,00	38,54	13,67	0,47	7,68	3,49	0,27	11,52	11,64	23,16	50,26
Média	5,74	4,88	31,93	9,03	0,39	5,77	2,21	0,20	9,90	8,37	18,27	45,82
DP	0,14	0,13	5,90	3,99	0,07	1,28	0,89	0,06	1,31	2,24	3,55	63,05
CV (%)	2,46	2,61	18,48	44,22	18,02	22,13	40,32	32,66	13,26	80,47	93,73	85,85
<i>S_{ITA}</i> (Ilha Itaboca)												
Mín.	5,77	4,54	22,11	7,83	0,32	4,91	1,63	0,20	8,52	6,85	15,37	44,57
Máx.	6,17	5,18	44,46	20,16	0,53	7,71	2,00	0,24	10,04	10,24	20,28	50,49
Média	5,93	4,95	34,01	16,26	0,43	6,27	1,77	0,21	9,21	8,47	17,67	47,90
DP	0,19	0,28	9,18	5,67	0,09	1,16	0,16	0,02	0,71	1,42	2,13	66,59
CV (%)	3,16	5,62	26,99	34,90	22,26	18,55	9,06	9,52	7,73	49,87	57,60	86,58
<i>S_{MUT}</i> (Ilha Mutirão)												
Mín.	5,49	4,72	28,88	6,79	0,39	5,92	1,65	0,12	11,60	7,97	19,57	40,71
Máx.	5,97	5,24	86,50	240,87	0,50	11,12	2,85	0,24	13,99	14,47	28,46	50,85
Média	5,81	5,04	51,74	69,20	0,44	7,89	2,38	0,19	12,73	10,71	23,43	45,69
DP	0,22	0,24	25,87	114,51	0,04	2,27	0,53	0,05	1,00	2,84	3,84	73,93
CV (%)	3,73	4,73	50,00	165,48	10,07	28,77	22,17	26,49	7,87	61,02	68,89	88,57
<i>S_{BU}</i> (Ilha Buçu)												
Mín.	5,59	4,98	40,23	9,52	0,35	6,96	0,67	0,12	2,55	7,97	10,52	75,76
Máx.	7,79	6,77	97,37	198,15	0,52	8,56	2,72	0,24	13,62	11,80	25,42	46,43
Média	6,42	5,61	61,33	86,27	0,41	7,53	1,98	0,20	9,51	9,92	19,43	51,07
DP	1,20	1,00	31,36	99,10	0,10	0,89	1,14	0,07	6,06	2,14	8,19	26,07
CV (%)	18,64	17,80	51,14	114,86	24,18	11,88	57,62	34,64	63,71	93,68	157,39	59,52

Onde, CO: carbono orgânico, H+Al: acidez potencial, SB: soma de bases, CTC: capacidade de troca de cátions, V%: saturação por bases, DP: desvio padrão, CV: coeficiente de variação.

A soma de bases tiveram alta contribuição nos cinco solos, os quais apresentaram elevadas concentrações de Ca²⁺, sendo o maior valor médio para ilha Jarimbu 8,38 cmol_c dm⁻³, sendo esta a ilha com elevada concentração de (CO), corroborando com estudos de Neto et al., (2018) indicando que nas

florestas secundárias as dinâmicas naturais favorecem a incorporação e manutenção da matéria orgânica no solo, Delarmelinda et al., (2017) concentrando alta fertilização em áreas nativas.

O CO com valor altamente considerável para ilha Jarimbu de $102,48 \text{ g kg}^{-1}$, é justificável, pois nesta ilha em sua margem existem muitas serrarias onde todo o rejeito e descartado diretamente nas águas, e com o movimento de enchente e vazante do rio estes sedimentos são depositados, acarretando altos valores da matéria orgânica nos solos, o mesmo encontrado por Freitas et al., (2015 b) relatando que periodicamente está deposição em larga escala na superfície do solo de material orgânico fresca sem tempo para a humificação, explica a maior concentração de carbono orgânico na primeira camada.

As maiores concentrações médias de Mg^{2+} foram para os solos das ilhas Mamangal e Mutirão ($2,21$ e $2,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) respectivamente e o menor valor em concentração para os solos das ilhas, Jarimbu $1,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Itaboca $1,77 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e Buçu $1,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; os conteúdos de K^+ ; Al^+ apresentaram pouca dispersão nos cinco solos em relação as outras variáveis químicas, apresentando menor valor de K^+ sendo ($0,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para ilha Mamangal e menor valor de Al^+ para ilha Mutirão ($0,19 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e maiores valores médios de K^+ e Al^+ ($0,47$ e $0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) apenas na ilha Jarimbu.

O K^+ é abundante nos tecidos vegetais com funções energéticas, e absorção de água pelas células (Forster et al., 2019), onde todos os elementos avaliados favoreceram boa espacialização das áreas de açaizal nestas ilhas apresentando maiores classes aluvial presentes neste estudo.

A alta concentração de P nos solos das ilhas Jarimbu $90,61 \text{ mg dm}^{-3}$; Mutirão $69,20 \text{ mg dm}^{-3}$ e Buçu $86,27 \text{ mg dm}^{-3}$, tem grande contribuição da matéria orgânica, sendo o P um elemento fundamental para o desenvolvimento inicial de plantas de açazeiro, promovendo maior incremento da parte aérea e biomassa quando em alta disponibilidade (Araújo et al., 2018).

A capacidade de troca de cátions e acidez potencial apresentaram alta contribuição no complexo de troca em todos os cinco solos, Salviano et al., (1998) também relatam as similaridades da CTC com a acidez potencial (H+Al) e o quanto elas exercem influência direta no cálculo da CTC. O mesmo foi encontrado por Freitas et al., (2015 b), em que altos valores refletem condições naturais deste solo e apresentam alta capacidade de reter cátions.

Os solos das ilhas Jarimbu, Mamangal, Itaboca e Mutirão, apresentaram classe textural franco argilo siltosa. Já os solos da ilha Buçu, apresentaram classe textural franco siltosa. No entanto, no solo da ilha Jarimbu houve maior contribuição de areia $135,74 \text{ g kg}^{-1}$ comparada as outras ilhas, enquanto que o solo da ilha Itaboca, apresentou menor proporção de silte/argila $1,91 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 5).

Tabela 5. Classificação textural dos solos de áreas de açaizal nativos localizadas em cinco ilhas no município do estado do Pará (n = 19). Profundidade: 0-0,10 m.

Áreas	Areia	Argila	Silte	Silte/Argila	Classe textural
	-----g kg ⁻¹ -----				
S _{JAR} - Ilha Jarimbu	135,74	238,44	625,83	2,62	Franco argilo siltosa
S _{MAM} - Ilha Mamangal	36,59	306,00	657,41	2,15	Franco argilo siltosa
S _{ITA} - Ilha Itaboca	49,73	326,40	623,88	1,91	Franco argilo siltosa
S _{MUT} - Ilha Mutirão	94,29	285,60	620,11	2,17	Franco argilo siltosa
S _{BU} - Ilha Buçu	74,22	301,84	623,94	2,07	Franco siltosa

Embora os estudos para os solos de várzea das ilhas da região do Baixo Tocantins sejam escassos e incipientes (Lopes et al., 2019), os resultados deste estudo demonstraram ser relevantes, pois todos os cinco solos apresentam características semelhantes, para Guedes et al., (2018) tratasse de solos férteis com peculiaridade frágeis, WANG et al., (2017) em que as partículas de textura do solo sob inundação são sedimentadas na parte mais baixa da paisagem, induzindo alterações na textura e culminando em solos mais siltosos.

2.4. Conclusões

Com base nos resultados do presente estudo, concluímos que nas áreas das ilhas de Igarapé-Miri foram consolidados impressionantes maciços de açaizal, expandidos através de condições favoráveis de fertilidade do solo e eficientes práticas de manejo nas áreas de várzeas. O zoneamento e a distribuição espacial dos pomares de açaí nas cinco ilhas estudadas (Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu) através do processamento e uso algoritmo de classificação de imagens, permitiu a correlação dos mapeamentos realizados com os principais atributos físico-químicos dos solos.

O mapeamento estabeleceu sete classes de uso e cobertura (Hidrografia, Solo exposto, Área urbana, Aluvial, Terras Baixas, Arbóreas e Agricultura) onde foram identificadas ocorrências de pomares produtivos correlacionados aos atributos de fertilidade do solo naturalmente impostos sob inundação e sedimentação nas partes mais baixas das várzeas. Esta correlação confirmou as indicações de maior produtividade do fruto de açaí nas classes Aluvial e Terras baixas. Nestas classes de maior predominância na área estudada, os solos são considerados férteis e apresentaram características físico-químicas semelhantes com textura franco-argilo-siltosa e franco-siltosa, elevada saturação por bases (acima de 50%), altos teores de matéria orgânica e presença significativa de potássio e fosforo.

Na região a comunidade passou a aliar eficientes práticas de manejo à sustentabilidade ambiental, com retornos socioambiental e cultural positivos, promovendo emprego e renda nos

períodos de safra do açaí (julho a dezembro) e entressafra (janeiro a julho), apoiadas por outras atividades econômicas locais (pesca e outras atividades de agricultura familiar).

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFRA – PGAgro; Laboratório de Geoprocessamento, Análise Espacial e Monitoramento Por Satélite – LAGAM-UFRA, EMBRAPA-Pa e as Comunidade Ribeirinhas do Baixo Tocantins.

Referências

- ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. (2004). Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 34, n. 4, p.513-524, out./dez. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000400005>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728.. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AMARAL, S., DAL'ASTA, A. P., BRIGATTI, N., PINHO, C. M. D. D., MEDEIROS, L. C. D. C., ANDRADE, P. R. D., ... & MONTEIRO, A. M. V. (2013). Comunidades ribeirinhas como forma socioespacial de expressão urbana na Amazônia: uma tipologia para a região do Baixo Tapajós (Pará-Brasil). *Revista Brasileira de Estudos de População*, 30(2), 367-399.. <https://doi.org/10.1590/S0102-30982013000200003>
- ARAÚJO, C. S., RUFINO, C. P. B., BEZERRA, J. L. S., ANDRADE NETO, R. DE C., & LUNZ, A. M. P (2018). Crescimento de mudas de açaizeiro (*Euterpe Oleracea* Mart) Submetidas a diferentes doses de fósforo. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 5(1).
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V., RÖS, M., ESCOBAR, F., MELO, F.P.L., SANTOS, B.A., TABARELLI, M., CHAZDON, R., (2013). Plant b-diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. *J. Ecol.* 101, 1449–1458. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12153>
- ASSIS, M. A., PRATA, E. M. B., PEDRONI, F., EISENLOHR, P. V., MARTINS, F. R., SANTOS, F. A. M. D., & MARTINS, S. C. (2011). Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental. *Biota neotropica*, 11(2), 103-121.. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200012>
- BARBIERO, L., KUMAR, M. M., VIOLETTE, A., OLIVA, P., BRAUN, J. J., KUMAR, C., & VALLES, V. (2010). Ferrollysis induced soil transformation by natural drainage in Vertisols of sub-humid South India. *Geoderma*, 156(3-4), 173-188. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.014>.
- BARCELLOS, C., PUSTAI, A. K., WEBER, M. A., & BRITO, M. R. V. (2005). Identificação de locais com potencial de transmissão de dengue em Porto Alegre através de técnicas de

- geoprocessamento. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 38(3), 246-250 . <https://doi.org/10.1590/S0037-86822005000300008>
- BRAGA, E. O., & JARDIM, M. A. G. (2019). Florística, estrutura e formas de vida do estrato inferior de uma Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Para, Brasil/Floristic, structure and life forms of lower stratum in a Alluvial Dense Rain Forest, Para state, Brazil. *Ciência Florestal*, 29(3), 1048-1060.. <https://doi.org/10.5902/1980509821834>
- BRITO, A. D.; COELHO, R. DE F. R.; ROSAL, F. L. (2020). Os extrativistas de andiroba em projetos de assentamentos agroextrativistas (paex) da várzea de Igarapé-Miri, Pará, Brasil. *Revista Agroecossistemas*, v. 11, n. 2, p. 82-101.. <https://doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7303>
- CANTO, O. do. (2007). *Várzea e Varzeiro da Amazônia*. Belém: MPEG. (coleção Eduardo Galvão).
- CARVALHO, J. ET AL. (2009). Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-9, jan./mar.. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100002>
- COLODEL, J. R., PIERANGELI, M. A. P., SOUZA, M. F. P., CARVALHO, M. A. C. D., & DALCHIAVON, F. C. (2018). Atributos físicos e biológicos de Argissolo Vermelho-Amarelo Amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 1-10.. <https://doi.org/10.19084/RCA17253>
- CORINGA, E. D. A. O., COUTO, E. G., OTERO PEREZ, X. L., & TORRADO, P. V. (2012). Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. *Acta Amazonica*, 42(1), 19-28.. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100003>
- DA SILVA, L. F., FRUETT, T., ZINN, Y. L., INDA, A. V., & DO NASCIMENTO, P. C. (2018). Genesis, morphology and mineralogy of Planosols developed from different parent materials in southern Brazil. *Geoderma*, 341, 46-58. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.12.010>
- DE SOUZA, A. R., ESCADA, M. I. S., MARUJO, R. D. F. B., & 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. [https://DOI: 10.11606/rdg.v38i1.151603](https://DOI:10.11606/rdg.v38i1.151603)
- DELARMELINDA, E. A., DE SOUZA JÚNIOR, V. S., WADT, P. G. S., DENG, Y., CAMPOS, M. C. C., & CÂMARA, E. R. G. (2017). Soil-landscape relationship in a chronosequence of the middle Madeira River in southwestern Amazon, Brazil. *Catena*, 149, 199-208.. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.021>
- DUARTE, M. L., & DA SILVA, T. (2019). Avaliação do desempenho de três algoritmos na classificação de uso do solo a partir de geotecnologias gratuitas. *Revista de Estudos Ambientais*, 21(1), 6-16.. <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2019v21n1p6-16>
- E SILVA, J. I. D. S., JUNIOR, F. K. R., DE LIMA, H. V., DOS SANTOS, M. A. S., DOS SANTOS, P. C., & LOPES, M. L. B. (2019). Socio-economics of Acai Production in Rural

Communities in the Brazilian Amazon: A Case Study in the Municipality of Igarapé-Miri, State of Pará. *Journal of Agricultural Science*, 11(5).. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p215>

- FAJARDO, J.D.V.; SOUZA, L.A.G. DE; ALFAIA, S.S. (2009). Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios Baixo Solimões e Médio Amazonas. *Acta Amazonica*, v.39, p.731-740.. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400001>
- FARIAS NETO JT, RESENDE MDV, OLIVEIRA MSP (2011). Seleção simultânea em progênes de açaizeiro irrigado para produção e uso do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*,33(1):532-539. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025>
- FREITAS, M. A. B., VIEIRA, I. C. G., ALBERNAZ, A. L. K. M., MAGALHÃES, J. L. L., & LEES, A. C. (2015). Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açaí fruit production. *Forest Ecology and Management*, 351, 20-27. (a). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.008>
- FREITAS DA LUZ, J., SANTOS DOS, E. S., OLIVEIRA & DE ASSIS, F. (2015). Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 5(4), 27-33. (b). <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n4p27-33>
- FORSTER, S. ET AL. (2019). Wounding-Induced Stomatal Closure Requires Jasmonate-Mediated Activation of GORK K⁺ Channels by a Ca²⁺ Sensor-Kinase CBL1-CIPK5 Complex. *Developmental Cell*, v. 48, p. 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2018.11.014>
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size Analysis. In: KLUTE, C. A (1986). (Ed.). *Methods of soil Analysis*. Medison, 2^o ed. Wisconsin, p. 383-411.
- GEOFFREY H.B. AND HALL D.J, (1965). ISODATA, a novel method of data analysis and pattern classification, Stanford Research Institute Menlo Park, California, Technical Report April 1965, for Information Sciences ranch Office of Naval Research Contract Nonr 4918(00) SRI Project 5533.
- GOMES, J. C. (2001). Fotointerpretação I. Guaratinguetá: Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica.
- GONÇALVES DE L., D., & BRASIL, D. D. S. B. (2016). Problemas ambientais e sustentabilidade nas várzeas da Amazônia Tocantina: um estudo no Projeto de Assentamento Agroextrativista São João Batista II, Abaetetuba, Estado do Pará, Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 7(4), 11-11.. <https://doi.org/10.5123/S2176-62232016000400011>
- GUEDES, A. C. L., FERREIRA, J. A., JÚNIO, N. J. M., & GUEDES, M. C. (2018). Coletores para quantificar a entrada de sedimentos em florestas de várzea Estuarina. . *Embrapa Amapá-Boletim De Pesquisa E Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

- HOMMA, A.K.O., NOGUEIRA, O.L., DE MENEZES, A.J.E.A., DE CARVALHO, J.E.U., NICOLI, C.M.L., DE MATOS, G.B. (2006). Açai: novos desafios e tendências. *Amaz. Ciência Desenvolv.* 1, 7–23.
- HOMMA, A. K. (2014). Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? In: Homma, A. K. O. (Ed.). *Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação*. Brasília, DF: Embrapa.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo do município de garapé-mirim-PA. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/i_garape-miri/panorama. Acesso em: 21 de outubro de 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE, R. (2012). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Consultado em :05/11/2020
- JARDIM, M. A. G., AMARAL, D. D., SANTOS, G. C. D., MEDEIROS, T. D. S., SILVA, C. A. D., FRANCEZ, D. D. C., & COSTA NETO, S. V. (2004). Análise florística e estrutural para avaliação da fragmentação nas florestas de várzea do estuário amazônico. *Museu Paraense Emilio Goeldi*.
- LIMA, A. M. T. ATAÍDES, A. G. DE.; SOUZA, E. P. B. DE.; SEIBERT, C. S.; MUCARI, T. (2018). Área de (des) proteção ambiental Serra do Lajedo – TO: Degradação ambiental identificada por análise de cobertura vegetal e crimes registrados no período de 2001 a. *Gaia Scientia*, v. 12, n.1 p. 259-272. 2018. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n1.32877>
- LÔBO, D., LEÃO, T., MELO, F.P.L., SANTOS, A.M.M., TABARELLI, M. (2011). Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Divers. Distrib.* 17, 287–296.. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00739.x>.
- LOCH, C. (1993). Noções básicas para interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais. Florianópolis, UFSC 3ª ed rev. e. ampl. 120p.
- LOPES, E. L. N., FERNANDES, A. R., GRIMALDI, C., RUIVO, M. D. L. P., RODRIGUES, T. E., & SARRAZIN, M. (2006). Características químicas de um Gleissolo sob diferentes sistemas de uso, nas margens do rio Guamá, Belém, Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*.. <https://doi.org/10.5123/S1981-81142006000100009>
- LOPES, M. R.; NOGUEIRA, A.V.M.; LOPES, B.M.; XAVIER, B.H.M.; COELHO, N.C.O.; MATA, E.L.O.; LOPES, E.L.N. (2019). Caracterização físico-química de gleissolo de várzea da região do baixoTocantins, PA. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v. 4, Suplemento, e8953.
- MATSUKUMA, C. K. (2002). Análise comparativa de algoritmos de classificação digital não-supervisionada, no mapeamento do uso e cobertura do solo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, DE T. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto UNB, Brasília, 276p.

- MORARIU, O., BURESCU, F., HERBEI, P. E. M. V., & CHIS, P. C. (2018). Agricultural land cover classification using Rapideye satellite imagery. *Journal of Young Scientist*, 6.
- MOREIRA, M. A. (2003). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 2ed. Viçosa: UFV.
- NOGUEIRA O. L. (1997). *Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico*. Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- OLOFSSON, P., FOODY, G. M., HEROLD, M., STEHMAN, S. V., WOODCOCK, C. E., & WULDER, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRY, J., FUENTES, R., LEITON, M., & JAQUE, E. (2018). Changing Landscapes Forest: Implications for its Conservation. *Environment and Natural Resources Research*, 8(3), 44. <https://doi.org/10.5539/enrr.v8n3p44>
- RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L. DA; SILVA, B. N. R, DA.; VALENTE, M. A.; GAMA, J.R.N.F.; SANTOS, E.S. DOS; ROLLIM, P. A. M.; PONTE, F. C. DA. (2005). *Caracterização e classificação dos solos do município de Tailândia, estado do Pará*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 55 p.
- SALVIANO, A. A. C., VIEIRA, S. R., & SPAROVEK, G. (1998). Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(1), 115-122. <https://doi.org/10.1590/s0100-06831998000100016>
- SANTOS JÚNIOR H.B., BATISTA JÚNIOR W.F., JARDIM M.A.G. (2015). Formas tradicionais no manejo de palmeiras como alternativas de conservação ambiental. In: 9º Congresso Brasileiro de Agroecologia, Belém. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – v. 10, p. 54-59*.
- SILVA, A., BRITO, A., MENDES, F., CHAGAS, H., SILVA, T., & COELHO, R. (2018). Os ribeirinhos e os Sistemas agroflorestais agroecológicos na ilha Mamangal, Igarapé-Miri-Pará. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1).
- SWAIN P.H. AND DAVIS S.M. (1978). *Remote Sensing: The Quantitative Approach*, McGraw Hill Book Company, New York, N.Y., p. 375.
- TAGORE, M. D. P. B., DO CANTO, O., & SOBRINHO, M. V. (2018). Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açaí. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 45. <https://doi.org/10.5380/dma.v45i0.51585>
- TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. (2017). *Manual de Métodos de Análise de Solos*. 3ª edição. Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 573.

- TEMBA, P. (2000). Fundamentos da fotogrametria. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia.
- TREGIDGO, D., CAMPBELL, A. J., RIVERO, S., FREITAS, M. A. B., & ALMEIDA, O. (2020). Vulnerability of the Açai Palm to Climate Change. *Human Ecology*, 48(4), 505-514.. <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00172-2>
- VAN BREEMEN, N. E BUURMAN, P. (2002). Hydromorphic soils. In: *Soil Formation*. Second Edition. New York: Kluwer Academic Publishers.
- VASCONCELOS, M. A. D., OLIVEIRA, M. A. F. D., GUIMARÃES, D. F. D. S., & PEREIRA, H. D. S. (2016). As transformações sazonais da paisagem na Ilha do Careiro e suas consequências socioambientais. *Revista Amazônica de Ensino de Ciências*.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. (1991). Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- VERMA, A. K., GARG, P. K., & PRASAD, K. H. (2017). Sugarcane crop identification from LISS IV data using ISODATA, MLC, and indices based decision tree approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(1), 16.. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2815-x>
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. (1934). An examination of the degtyareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the cronic acid titration method. *Soil Science*, v.37, p.29-38.. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- WANG, Y., CHEN, F., ZHANG, M., CHEN, S., TAN, X., LIU, M., & HU, Z. (2018). The effects of the reverse seasonal flooding on soil texture within the hydro-fluctuation belt in the Three Gorges reservoir, China. *Journal of soils and sediments*, 18(1), 109-115. <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1725-1>

3 Ocorrência e distribuição espacial do açaízal nativo em áreas de alta produção na região amazônica

Occurrence and spatial distribution of native açai trees in high production areas in the Amazon region

(Normas da Revista Ciência Agronômica)²

RESUMO: Florestas de várzeas da Amazônia apresentam constantes modificações ao longo dos anos. As técnicas de manejo intensivo nas várzeas têm acarretado impactos na cobertura vegetal e modificações no padrão de uso do solo. Utilizando os dados de satélites é possível monitorar as ocorrências destas mudanças e definir o novo arranjo espacial imposto. O objetivo foi executar a construção do mapeamento digital do uso do solo e cobertura vegetal e suas alterações em cinco ilhas no município de Igarapé-Miri: Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu. Foram utilizadas imagens RapidEye e Planet com a aplicação do método não supervisionado de classificação, gerando distintas definições de classes de uso e cobertura nas diversas ilhas. Para validar a classificação foram realizadas amostragens com 200 pontos nas imagens e outros 30 pontos georreferenciados em cada classe, coletados em campo. Com uso da matriz de confusão foram analisados o índice Kappa, a exatidão global, além de calculados os erros de omissão e comissão. A acurácia foi considerada muito bom, com exatidão de 77,74% e índice Kappa de 0,73, para todas as ilhas, apontando forte correlação entre os dados de campo e a classificação. Por meio da análise das variações no intervalo de sete anos. Foram observados avanços da classe solo exposto em mais de 50% para as ilhas Jarimbu, Mutirão e Itaboca, esta última com mais de 50% de expansão da área urbana. Nas cinco ilhas estudadas, a classe aluvial, responsável pelas áreas com açaízal, despontou com aumento de áreas em detrimento da redução da classe arbórea.

Palavras-chave: *Euterpe oleracea*, Sensoriamento remoto, Uso do solo, Várzea amazônica.

²Autores: SOARES D. C. B. L.; LIMA H. V.; ARAÚJO S. R.; SANTOS A. C. D.; ROCHA A.J. S.; RAMOS R. J. C.

ABSTRACT: Floodplain forests in the Amazon have been constantly changing over the years. Intensive management techniques in floodplains have caused impacts on vegetation cover and changes in the pattern of land use. Through satellite data, it was possible to monitor the occurrence of these changes and define the new imposed spatial arrangement. The study aimed to build a digital mapping of land use and vegetation cover and its alterations on five islands in the municipality of Igarapé-Miri: Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão and Buçu. RapidEye and Planet images were used with the application of the unsupervised classification method, generating different definitions of use and coverage classes in the different islands. To validate the classification, samples were taken with 200 points in the images and another 30 georeferenced points in each class, collected in the field. Using the confusion matrix, the Kappa index and global accuracy were analyzed, in addition to calculating omission and commission errors. The accuracy was considered very good, with an accuracy of 77.74% and a Kappa index of 0.73, for all islands, indicating a strong correlation between field data and classification. Through the analysis of variations over the seven-year interval, advances in the exposed soil class of more than 50% were observed for the Jarimbu, Mutirão and Itaboca islands, the latter with more than 50% expansion of the urban area. In the five studied islands, the alluvial class, responsible for the areas with açais, emerged with an increase in areas at the expense of the reduction of the arboreal class.

Keywords: Açai. Amazonian floodplain. Remote sensing. Land use.

3.1

INTRODUÇÃO

A região do estuário amazônico é formada por emaranhado de ilhas e por áreas adjacentes, onde existem as florestas de várzeas, que são influenciadas pelas marés oceânicas apresentando ciclos diários de enchentes e vazantes (PAROLIM *et al.*, 2004). Nos estudos de Mota *et al.* (2020), a floresta amazônica compreende a maior biodiversidade de fauna e flora do planeta.

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), de forma geral, encontra-se disperso em toda bacia amazônica, e o consumo do seu fruto tem demandado fortemente a expansão das áreas de produção. Segundo Tagore e Canto (2018), as alterações no ambiente natural das áreas de várzea têm motivado os ribeirinhos (população local) a adotar a prática do manejo intensivo nos açazais, buscando melhor produtividade.

Recentes avanços tecnológicos na agricultura, bem como a necessidade de conservação dos recursos naturais, demandaram a necessidade de mapas e informações sobre uso e cobertura do solo para a interpretação e levantamentos para diversas finalidades aplicadas (COSTA *et al.*, 2016). Este cenário ressalta a capacidade das tecnologias de contribuir com informações precisas no monitoramento de grandes áreas. Para Dutra, Elmiro e Gacia. (2020) as técnicas de classificação de imagens de sensores remotos já existem em grande disponibilidade para serem acessadas e aplicadas.

Neste contexto, identificar e mapear se faz necessário para planejar atividades e mitigar impactos nessas áreas, com a utilização de métodos de geoprocessamento acompanhados de estratégias de gestão e conservação. Para De Souza *et al.* (2019) o avanço das técnicas de mapeamento (classificação de imagens) com a melhoria na resolução espacial dos sensores tem sido fundamental para o monitoramento do uso e cobertura da terra na Amazônia. Sensores como o RapidEye (5 bandas espectrais e 5 metros de resolução espacial) e Planet (4 bandas e 3 metros de resolução espacial) possibilitam percepção com nível de detalhe adequados para as escalas de trabalho pretendidas e recobrimento do território.

Nos estudos de Ponzoni (2015) a aplicação do sensoriamento remoto permite explorar diferentes formas de monitoramento da vegetação e, até estimar biomassa e vigor vegetativo por meio desses mapeamentos.

A técnica de classificação das imagens possibilita simplificar a representação de objeto do mundo real, obtendo como resultado, um mapa temático com os elementos da paisagem e

suas interpelações (FLORENZANO, 2011), provando a importância de se mapear as classes de uso e cobertura do solo, compondo um precioso banco de dados espaciais, que por sua vez pode ser utilizado e comparado a qualquer momento (ROSA, SOUZA e SÁNCHEZ 2020).

No presente estudo, se objetivou avaliar o arranjo espacial das ilhas de maior importância para a produção de açaí na região Igarapé-Miri-PA, utilizando uma abordagem analítica espacial tendo como base as imagens de orbitais; que permitiram através do processamento automatizado, o zoneamento das classes de uso e cobertura vegetal, sua quantificação e a avaliação das mudanças ocorridas na paisagem entre os anos de 2013 e 2019.

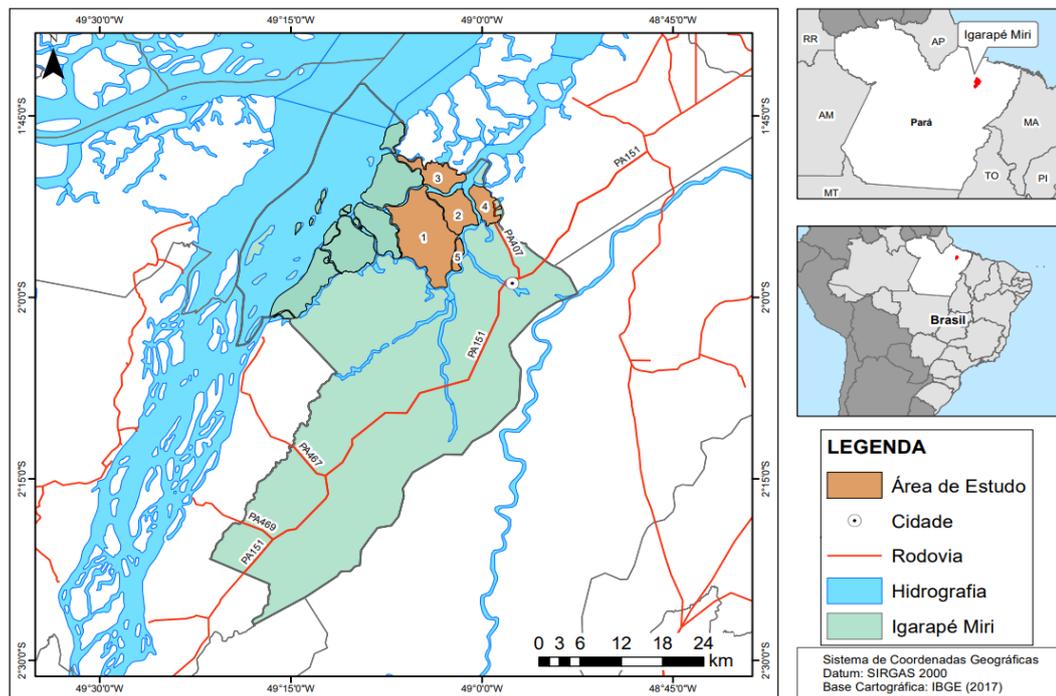
3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na região do Baixo Tocantins, município de Igarapé-Miri, pertencente a mesorregião do Nordeste Paraense e distante 78 km da capital Belém do Pará. A área corresponde a 5 (cinco) PAE-ilhas (Projeto de Assentamento Agroextrativista) que apresentam as maiores representatividades em termos de produção do fruto do açaí (Figura 1).

Os solos da área são considerados férteis de textura franco-argilo-siltosa e franco-siltosa, elevada saturação por bases (acima de 50%), contendo altos teores de matéria orgânica e presença significativa de potássio e fósforo (SOARES *et al.*, 2021). O clima da região é do tipo tropical-úmido corresponde ao megatérmico tipo Ami da classificação de Köppen, precipitação pluviométrica anual acima de 2.000mm (ALVARES *et al.*, 2013). A temperatura média anual varia em torno de 27°C com pequena amplitude térmica e precipitação abundante de janeiro a junho, tendo maior disponibilidade de chuvas nos três primeiros meses do ano (balanço hídrico) e carência nos meses de setembro e outubro (FAPESPA, 2016).

Figura 1 – Mapa de localização da área, demonstrando as 5 Ilhas estudadas: 1) Jarimbu; 2) Mamangal; 3) Itaboca; 4) Mutirão e; 5) Buçu, município de Igarapé-Miri, estado do Pará



As características espaciais das cinco ilhas da área de estudo são apresentadas na Tabela 1, com as coordenadas de localizações latitude/longitude, a altitude média e a área territorial.

Tabela 1 - Características das ilhas da área de estudo Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu, município de Igarapé-Miri, estado do Pará.

Ilhas	Coordenadas		Altitude (m)	Área (ha)
	Latitude	Longitude		
Jarimbu	1°54'27.18"S	49° 4'17.25"O	6	8.673,71
Mamangal	1°53'13.67"S	49° 1'30.95"O	8	2.590,76
Itaboca	1°50'14.17"S	49° 2'54.44"O	16	2.806,13
Mutirão	1°52'21.30"S	49° 0'8.44"O	12	1.708,52
Buçu	1°56'3.01"S	49° 1'48.35"O	7	506,57

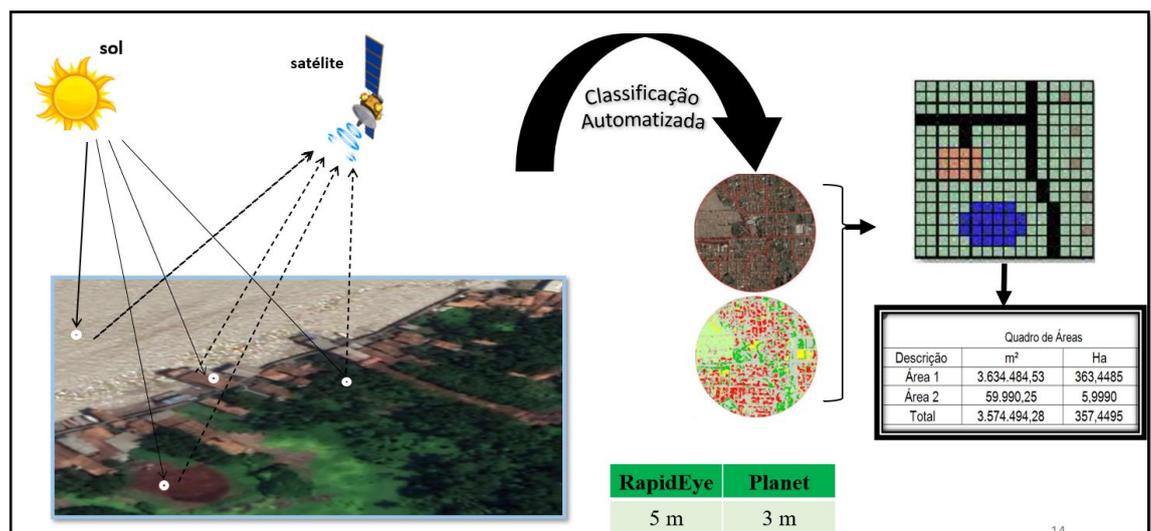
3.2.2 Base de dados e metodologia de processamento de imagens

Para este estudo foram utilizados os sensores Planet e RapidEye, tendo sido utilizadas quatro cenas orbitais do RapidEye e oito cenas do sensor Planet. As imagens RapidEye, adquiridas em 12 agosto de 2013, foram selecionadas e disponibilizadas por meio do geocatálogo, repositório de dados espaciais do Ministério do Meio Ambiente do Brasil-MMA, reservados para uso em pesquisa na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Esta

corresponde ao código de localização 2237925 e possuem resolução espacial de cinco metros composta das seguintes bandas espectrais: Banda 1 (440-510 nm), Banda 2 (520-590 nm), Banda 3 (630-685 nm), Banda 4 (690-730 nm), Banda 5 (760-850 nm).

Já as imagens do sensor Planet, com datas de passagens nos dias 9 e 10 de agosto de 2019, foram obtidas mediante de solicitação oficial para a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS-PA), cedida à UFRA para uso exclusivo em pesquisa científica. As cenas Planet possuem resolução espacial de três metros composta das seguintes bandas espectrais: Banda 1 (455–515 nm), Banda 2 (500–590 nm), Banda 3 (590–670 nm), Banda 4 (590–670 nm) conforme Figura 2.

Figura 2 – Esquema de coleta e classificação das imagens.



Os arquivos *shapfiles* dos limites e localização das ilhas foram baixados diretamente do acervo fundiário INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e integrados ao bando de dados da pesquisa.

Todas as imagens foram georreferenciada e submetidas a correção atmosférica. Posteriormente, foi realizado o corregristo da imagem RapidEye com a imagem Planet, seguidas de aquisição de pontos de controle, transformação espacial para imagem ajustada e aplicação na classificação não supervisionada. Todo o tratamento das imagens para o processo

de classificação foi realizado nos softwares Envi, versão 5.3, e QGis, versão 3.4.11, sendo finalizado com a geração mosaico das cenas e posteriormente os recortes das imagens com a delimitação individual de cada ilha.

3.2.3 Classificação não supervisionada

A classificação não supervisionada foi executada no software ENVI 5.3 utilizando o algoritmo ISODATA (*Iterative Selforganizing Data Analysis Technique*), desenvolvido por Geoffrey e Hall (1965). O algoritmo ISODATA não requer prévio conhecimento da área estudada pelo operador (MORARIU e BURESCU, 2018), pois se utiliza preferencialmente dos valores espectrais dos pixels das imagens. Foi utilizada a fórmula de distância espectral mínima para formação de cluster e agrupamento, com base na distância euclidiana (SWAIN e DAVIS, 1978) equação (1):

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: n - número de bandas; i - número da banda; c - classe particular; X_{xyi} valor do arquivo de dados do pixel x, y na banda i ; μ_{ci} Média dos valores do arquivo de dados (números digitais); em i para a amostra da classe c ; SD_{xyc} Distância espectral dos pixels x, y a média da classe c .

Para esta classificação foi adotado um número mínimo de 5 e, máximo de 30 classes, com no máximo de 15 interações ao final gerando uma combinação. Este procedimento é reconhecimento da área pelo algoritmo por meio da associação de pixels a diferentes classes (BLASCHKE, 1954).

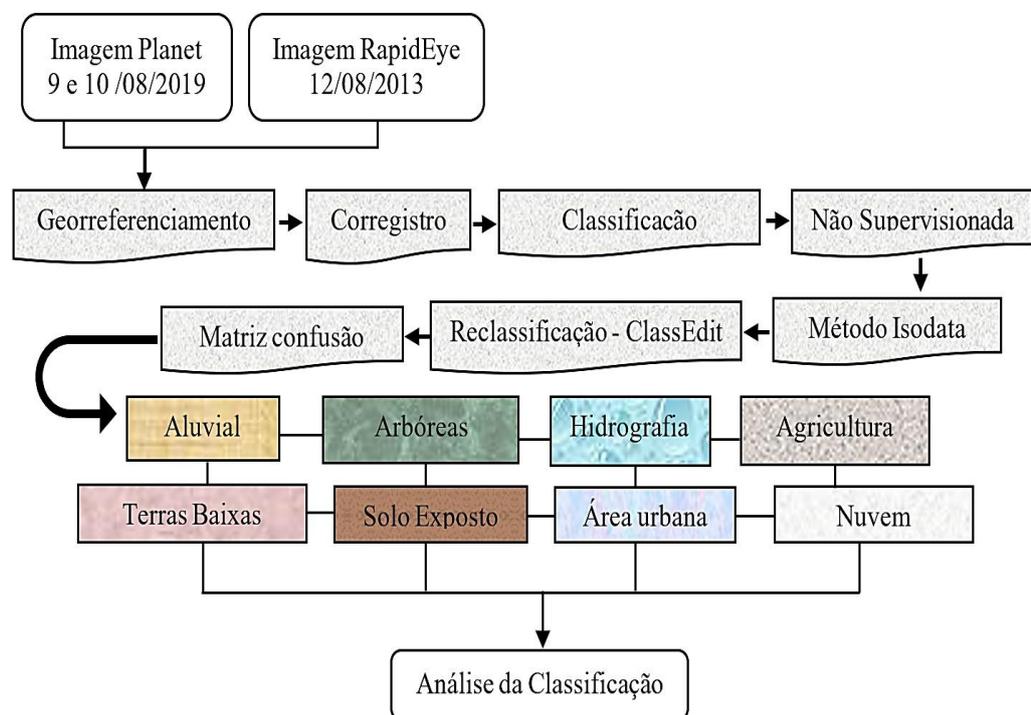
3.2.4. Pós-processamento e reclassificação

Para a consolidação do processo de classificação, foi utilizada a interpretação visual sobre os resultados diretos da classificação não supervisionada. Este procedimento consiste na interpretação da imagem e do resultado parcial da classificação diretamente na tela do computador, fazendo uso de elementos básicos, tais como cor, textura, forma, tonalidade,

tamanho, sombra, padrão, adjacências e localização geográfica (BARCELLOS *et al.*, 2005; GOMES, 2001; LOCH, 1993; MOREIRA, 2003; TEMBA, 2000).

Assim, o processo de reclassificação das imagens se deu de forma manual, pixel a pixel utilizando o complemento *ClassEdit* do software no Envi. O Fluxograma da Figura 3, ilustra os procedimentos realizados desde a aquisição das cenas orbitais até a classificação não supervisionada com validação dos dados.

Figura 3 – Fluxograma metodológico das principais etapas de classificação de imagem



Para as classificações foram definidas oito classes: i) Aluvial, compreendendo áreas com forte presença de açazal e a presença constante de água; ii) Arbórea, áreas em que estão presentes árvores de grande e pequeno porte; iii) Hidrografia, extensão abrangendo rios, furos (rios estreitos), lagos e igarapés; iv) Agricultura, áreas compostas pelos monocultivo e Sistemas agroflorestais; v) Terras baixas, área representada pela presença dos açazais sem a presença constante de água; vi) Solo exposto, composto de áreas como banco de areia, solo nú e estradas; vii) Área urbana, constituída por casas, vilarejo, área construída, descritos por Soares *et al.* (2021) e; viii) Nuvem, compreendendo áreas não identificadas na imagem por sombra de nuvens.

3.2.5 Avaliação da acurácia da classificação

Para verificar a acurácia dos resultados do processo de classificados de uso e cobertura, nas cenas do sensor Planet, devido a sua melhor resolução espacial, foi gerada a matriz de confusão, que representa a uma avaliação estatística das omissões e comissões no processo de classificação. Para tanto, foram coletadas amostra com 200 pontos aleatórios nas imagens e outros 30 pontos georreferenciados em cada classe para as cinco ilhas, além de utilizar parâmetros da Exatidão Global (EG) e Índice de Kappa (K), incluindo os erros de omissão e comissão de acordo com metodologia utilizada por Congalton (1991).

No erro de omissão as amostras não são classificadas de acordo com as classes referencial, já para o erro de comissão refere-se ao número de amostras que foram incluídas em uma classe da qual não pertencem na realidade (FRANCISCO e ALMEIDA, 2012).

Na análise da acurácia dos dados é possível saber o quanto são confiáveis os mapas temáticos derivados no processo. Para Foody (2002), a precisão das classes geradas caracteriza os erros, e ajuda a refinar a classificação resultando na exatidão global. Portanto, na matriz de confusão que compara classe por classe, busca a correlação entre os dados de verdade terrestre (dados de referência) e os correspondentes resultados da classificação (MENEZES e ALMEIDA, 2012).

A partir da análise de Kappa como técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão temática se utiliza todos os elementos da matriz de confusão conforme a Equação 2 proposto por Cohen (1960).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad (\text{Equação 2})$$

em que: r = número de classes; X_{ij} = número de elementos classificados corretamente; X_{i+} = total de elementos classificados para uma categoria i ; X_{+i} = total de elementos de referência amostrados para uma categoria i ; N = número total de amostras.

Para avaliação do índice Kappa foi utilizado o critério de Landis e Koch (1997) detalhados na (Tabela 2).

Tabela 2 - Critério da classificação de acordo com as faixas do índice Kappa.

Valor de Kappa	Qualidade da classificação
< 0	Péssimo
0,0 - 0,2	Ruim
0,2 - 0,4	Razoável
0,4 - 0,6	Bom
0,6 - 0,8	Muito Bom
0,8 - 1,0	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977)

3.3

RESULTADOS E DISCUSSÃO

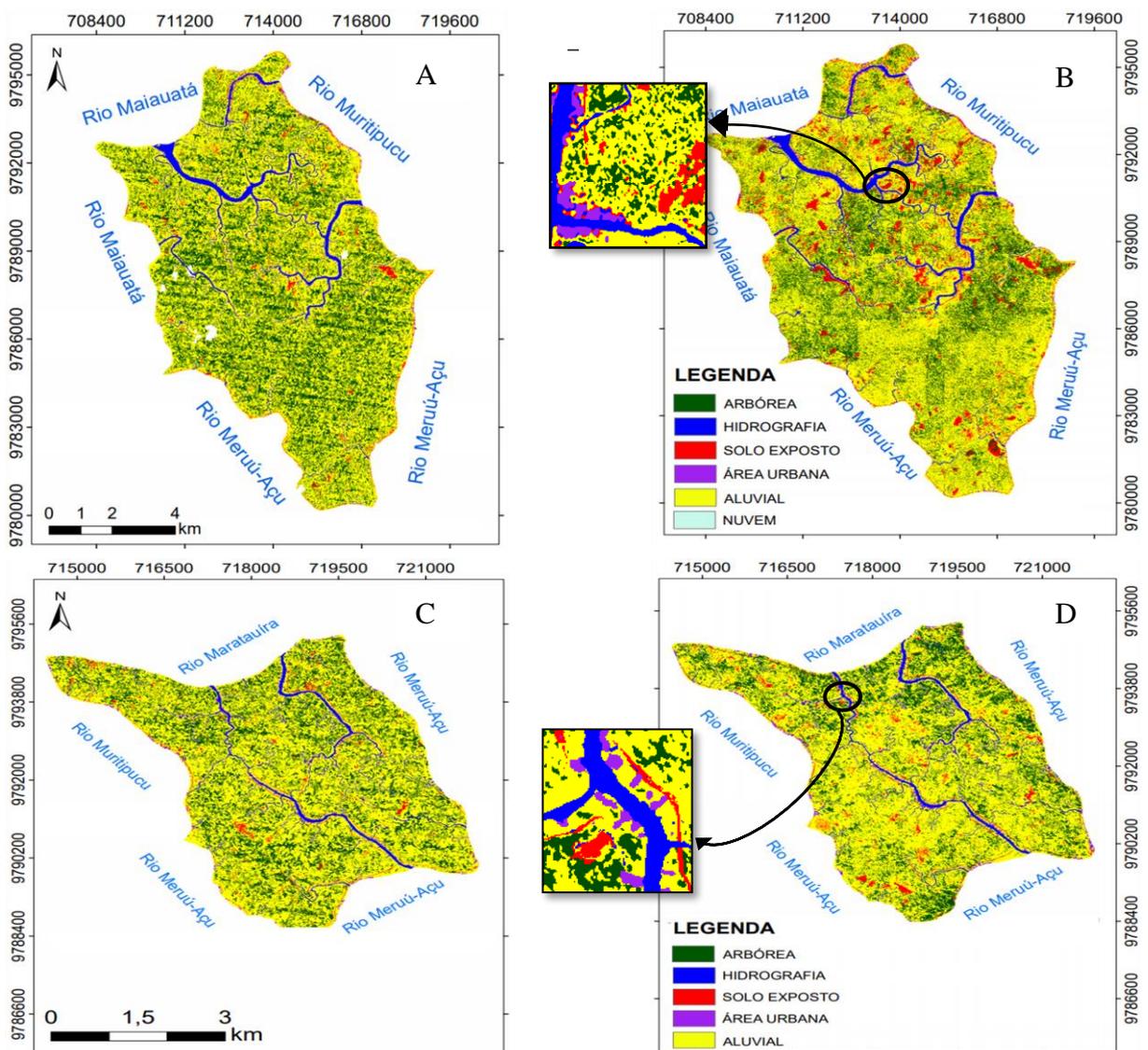
3.3.1 Análise dos mapas de uso e cobertura do solo

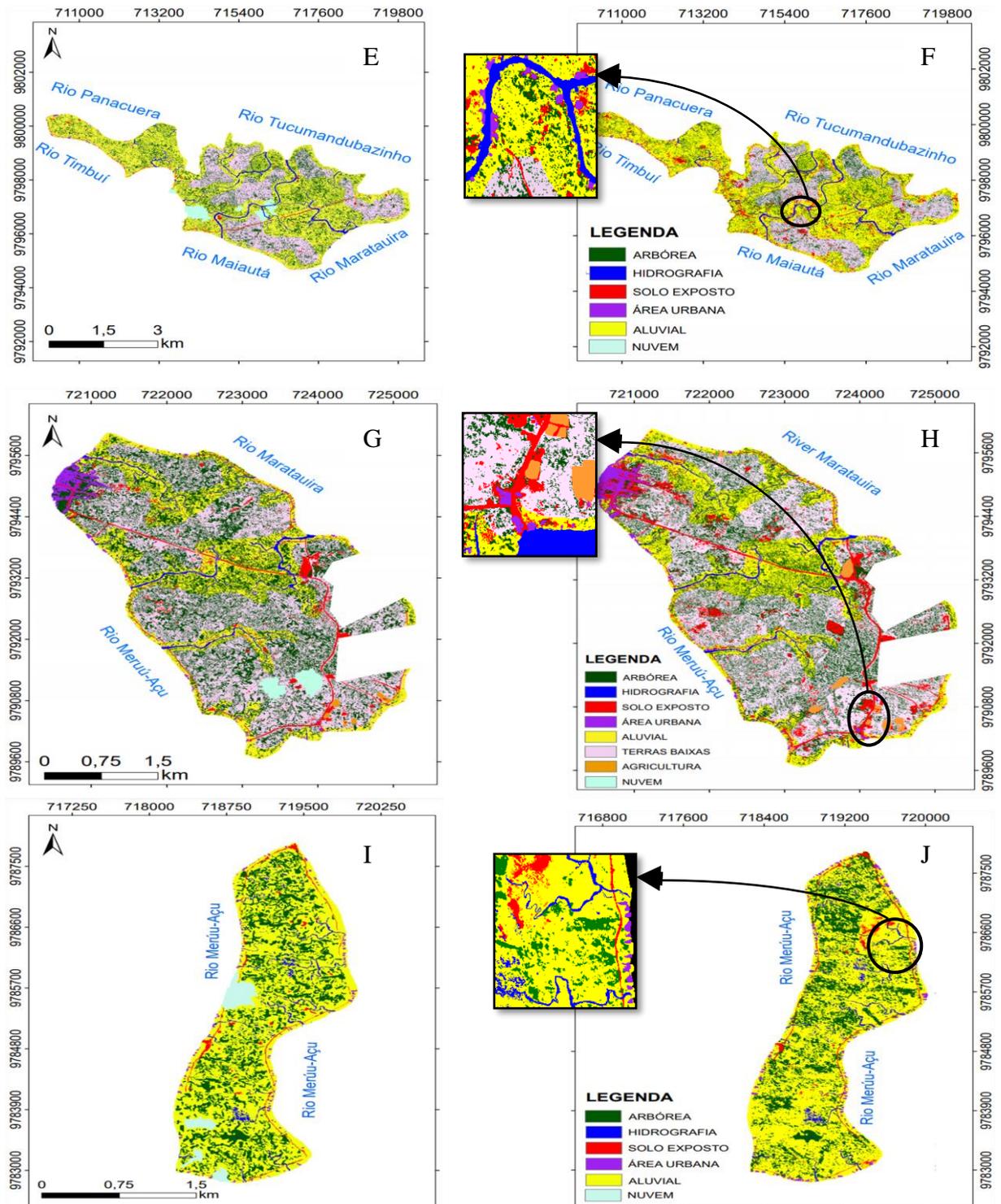
Os resultados da classificação para as características físicas temporal dos anos de 2013 e 2019 das cinco ilhas de Igarapé-Miri, Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu, com classes selecionadas para este estudo: Hidrografia, Solo exposto, Área urbana, Aluvial (áreas com açaizal e presença de água), Terras Baixas (áreas com açaizal baixa presença de água), Arbórea e Agricultura, estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Mapeamentos de uso e cobertura da terra nas ilhas de Igarapé Miri, referentes aos anos de 2013 e 2019.

(A) Ilha Jarimbu 2013. (B) Ilha Jarimbu 2019. (C) Ilha Mamangal 2013. (D) Ilha Mamangal 2019. (E) Ilha Itaboca

2013. (F) Ilha Itaboca 2019. (G) Ilha Mutirão 2013. (H) Ilha Mutirão 2019. (I) Ilha Buçu 2013. (J) Ilha Buçu 2019.





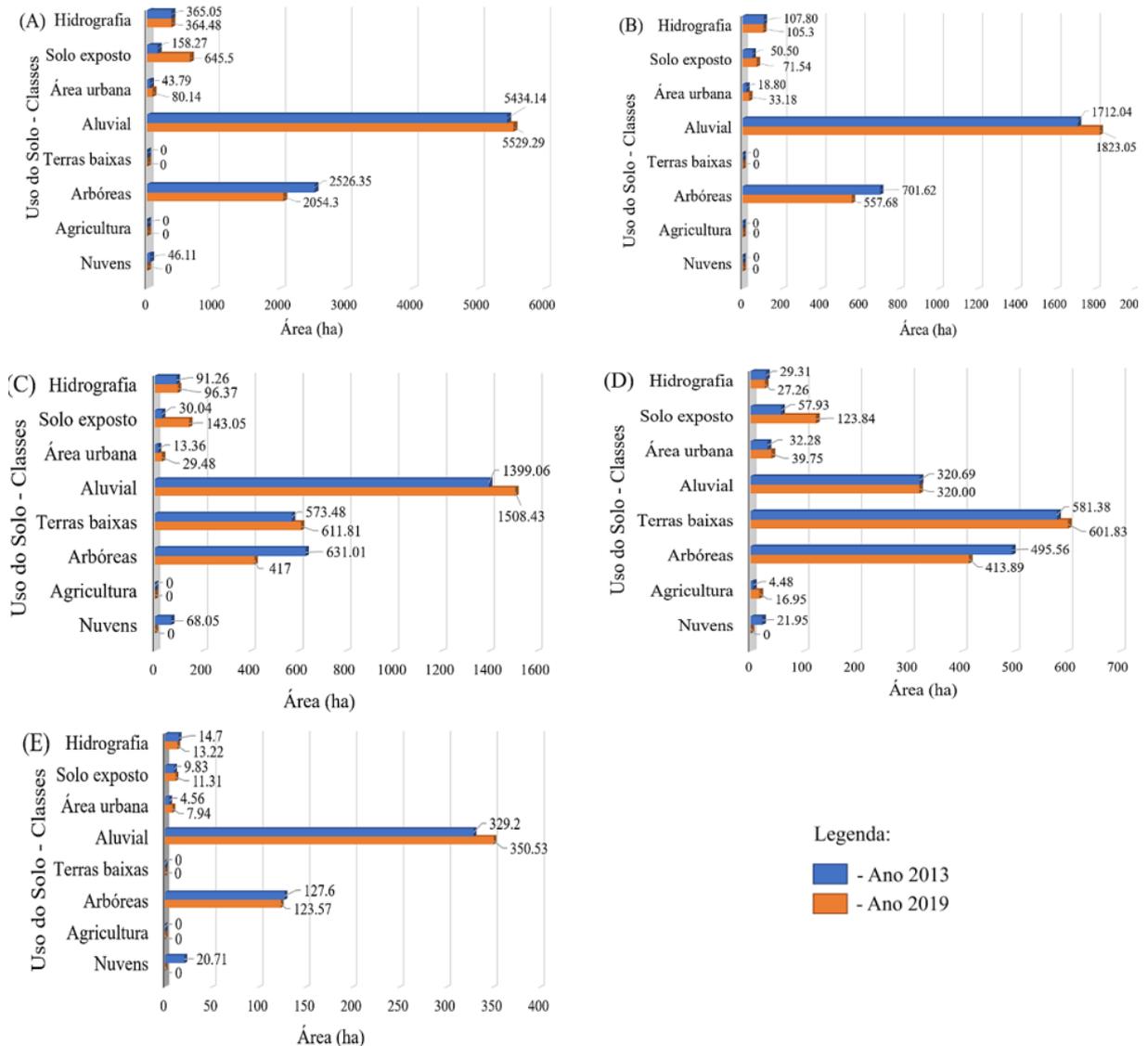
Nos zoneamento gerados pelas classificações de imagens, observa-se a redução territorial gradativa da classe arbórea, em razão da crescente dinâmica das classes aluvial e terras baixas, das quais o açaizal se torna predominante nas ilhas (Figuras 4 e 5). O processo de identificação do padrão espectral dos maciços de açaizal, assim como das sete classes definidas nas

classificações foi facilitado pela boa resolução espacial das imagens Planet e RapidEye, corroborado com os estudos de Asner, Martin e Mascaro (2017) na precisão dos dados planet para a classificação não supervisionada em que forneceu uma precisão média de 92%.

As classificações de Aluvial e terras baixas no ano de 2013, somou 64,49% em áreas exclusivamente com açazal. No entanto, nos estudos de Soares *et al.* (2021) observou-se aumento deste total para 67,72% das áreas com açazal, o que comprova formação de maciços homogêneos e manejo dos açazais citados por (HOMMA, 2014).

A dinâmica do uso e ocupação do solo das ilhas ao longo dos anos de 2013 e 2019 torna-se mais expressiva em algumas classes, tais como, a expansão de áreas de solo exposto, área urbana, aluvial e de terras baixas (Figura 5). Para Parida e Kumar (2020), as análises multitemporais por satélites com auxílio das técnicas de processamento digital de imagem são fortemente exitosas quando empregadas para monitorar mudanças na dinâmica da vegetação.

Figura 5 – Classes de uso da terra com as respectivas áreas, em hectare (ha = 10000 m²) dos anos de 2013 e 2019 para a região das ilhas de Igarapé-Miri/Pa. A – Ilha Jarimbu; B – Ilha Mamangal; C – Ilha Itaboca; D – Ilha Mutirão e E – Ilha Buçu.



Nas ilhas Jarimbu e Itaboca (Figuras 5A e 5C), a classe solo exposto mais que quadruplicou entre os anos de 2013 e 2019, saltando de 1,82% para 7,44% e de 1,07% para 5,10% respectivamente. Na ilha Mutirão a área referente a esta classe dobrou de tamanho (Figura 5D). Isto pode ser atribuído a implementação de novos cultivos e construção de moradias por parte da comunidade, a partir da supressão vegetal e limpeza das áreas. Nestas comunidades é comum, os pais destinarem partes de terras às margens dos rios para seus filhos

que contituem suas próprias famílias, e estes por sua vez implementam suas residencias e atividades produtivas nestas novas áreas.

Ao analisar a classe Área Urbana das cinco ilhas apresentadas na Figura 5, observou-se que nas ilhas Jarimbu, Mamangal e Itaboca as áreas urbanas duplicaram de tamanho (Figura 5A, 5B e 5C), demonstrando o quanto a população está crescendo, povoando novas áreas e diversificando a ocupação. Resultados bem diferentes foram observados nas ilhas Mutirão e Buçu que sofreram pouco incremento de novas ocupações nos anos de 2013 e 2019 (Figura 5D e 5E).

Foi observada uma expansão das áreas da classe Aluvial nas cinco ilhas, assim como da classe Terras baixas, que aumento especificamente na ilhas Itaboca e Mutirão (Figura 5C e 5D). Esta dinâmica revelou a presença do cultivo de açaizal nestas ilhas. Por outro lado, se percebe uma significativa redução nas áreas da classe Arbórea em quatro das cinco ilhas avaliadas, sendo elas, Jarimbu, Mamangal, Itaboca e Mutirão, com redução de 6,6%, 5,5%, 7,6% e 5,3%, respectivamente. Esta redução, revelou a conversão áreas de classe Arbórea pra Solo exposto, Área Urbana, Aluvial e Terras baixas, que tiveram expansão nos sete anos avaliados.

3.3.2 Análise da exatidão da classificação

A exatidão do mapeamento realizado foi avaliada por meio da análise da matriz de confusão das classes de uso e cobertura da terra, para imagens de 2019, que representa as estatísticas das omissões e comissões entre as diversas classes durante o processamento das cenas (Tabela 3).

Tabela 3 - Matriz de confusão das classes de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2019 para as ilhas Jarimbu, Mamangal, Itaboca, Mutirão e Buçu município de Igarapé-Miri PA, com o índice de kappa (IK) e exatidão global (EG).

Ilha	Classe %	Hidrografia	Solo exposto	Área Urbana	Aluvial	Árbóreas	Terras Baixas	Agricultura	Total
Jarimbu (K = 0.83, EG=86.63%)	Hidrografia	97.56	0	0	1.33	0	-	-	20.30
	Solo	0	81.39	10.47	9.78	1.69	-	-	20.13
	Área Urbana	0	0	86.43	0	0	-	-	18.63
	Aluvial	2.44	11.26	3.10	85.78	16.88	-	-	22.81
	Árbóreas	0	7.36	0	3.11	81.43	-	-	18.13
	Total	100	100	100	100	100	100	-	-
Mamangal (K = 0.64, EG=71.10%)	Hidrografia	73.18	0.91	0.35	2.69	0	-	-	13.85
	Solo	0.91	71.82	27.97	1.01	2.28	-	-	19.97
	Área Urbana	4.55	9.09	47.20	6.06	0	-	-	14.73
	Aluvial	21.36	15.91	23.43	78.79	8.68	-	-	32.37
	Árbóreas	0	2.27	1.05	11.45	89.04	-	-	19.08
	Total	100	100	100	100	100	100	-	-
Itaboca (K = 0.73, EG = 77.51%)	Hidrografia	77.46	2.88	0	0	0	0	-	14.49
	Solo	17.25	84.17	10.38	0.55	2.67	0	-	20.78
	Área Urbana	1.41	3.96	71.58	0	0	0	-	17.60
	Aluvial	1.76	8.99	15.57	90.71	15.51	4.71	-	18.74
	Terras Baixas	0	0	0	0	4.81	70.29	-	12.90
	Árbóreas	2.11	0	0.55	8.74	77.01	25.00	-	15.06
	Total	100	100	100	100	100	100	100	-
Mutirão (K = 0.68, EG = 72.95%)	Hidrografia	72.57	0	0	2.03	0	0	0	8.81
	Solo	0	81.40	18.58	2.44	8.17	0.82	4.51	14.38
	Área Urbana	0	9.88	65.93	0	0	0	0	10.95
	Aluvial	26.29	1.16	0	71.14	12.98	20.00	2.87	20.18
	Árbóreas	1.14	1.74	3.98	17.89	70.19	8.16	0.41	14.84
	Terras Baixas	0,00	5.81	0	4.88	8.65	71.02	12.30	16.09
	Agri-cultura	0	0	11.50	0	0	0	79.92	14.58
	Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Buçu (K = 0.66, EG = 73.01%)	Hidrografia	55.56	0	0	0	3.27	-	-	11.89
	Solo	15.97	77.61	5.97	2	0	-	-	19.30
	Área Urbana	2.78	8.96	84.33	8	3.92	-	-	20.56
	Aluvial	24.31	12.69	9.70	74.67	18.95	-	-	28.81
	Árbóreas	1.39	0.75	0	15.33	73.86	-	-	19.44

Ilha	Classe %	Hidrografia	Solo exposto	Área Urbana	Aluvial	Árbo-reas	Terras Baixas	Agricul-tura	Total
	Total	100	100	100	100	100	-	-	100

Onde, K: índice Kappa; EG: exatidão global.

O resultado da acurácia geral das classificações automáticas deste estudo, pode ser considerado muito bom, segundo os critérios de Landis e Koch (1977) (Tabela 2), uma vez que o valor médio das cinco ilhas para exatidão global foi de 77,74% e, o valor médio para o índice Kappa foi de 0,73. Tais resultados indicam forte concordância entre os dados de referência e os dados classificados.

Oliveira *et al.* (2020) observaram que o sensor RapidEye com resolução de cinco metros proporcionou uma classificação mais precisa com rico detalhamento, além de propiciar maior diferenciação dos alvos devido à menor mistura espectral dos pixels situados na proximidade. Já os estudos de Naesset *et al.* (2016), sobre Mapeamento e estimativa de área florestal, as imagens RapidEye contribuíram para melhorar as estimativas da área florestal com boa precisão.

Nas áreas classificadas, foram utilizados dados de campo e imagens Planet, resolução de 3 metros, para o processo de validação, possibilitando acurácia dos resultados relacionados aos zoneamentos de uso e cobertura da terra. Neste sentido, verificou-se que a classe hidrografia apresentou os maiores acertos nas cinco ilhas, de acordo com a matriz de confusão da classificação (Tabela 3), com destaque para a ilha Jarimbu que apresentou os melhores índices gerais para Kappa com 0,83 e exatidão global de 86,63%, demonstrando que os agrupamentos de pixel na imagem quase não a confundiu com outras classes mapeadas. A referência dos estudos de Caten, Safanelli e Ruiz (2015) indica que a classificação das hidrografias agrupa pixels com baixa reflectância em relação as outras classes, tornando-as constante e pouco significativas em termos de mudanças.

Para todas as ilhas, a classe solo exposto apresentou média de acerto em torno de 79,27%, com significativa confusão com áreas urbanas. Isso pode ser atribuído à similaridade espectrais

entre essas duas classes e ao tamanho das mesmas nas cenas, uma vez que são áreas com pequenas dimensões territoriais e expostas, dificultando a separação pelo algoritmo. Na ilha Itaboca observou-se acurácia de 84,17% na classe solo exposto, além de excelentes resultados nas outras classes, proporcionando a segunda melhor classificação com kappa 0,73 e exatidão global em 77,51% (Tabela 3).

A classe aluvial foi a que apresentou maior acurácia média de 80,22% entre todas os agrupamento mapeados. Nesta classe estão alocados todos os maciços de açazais, principalmente pelas características dos solos e pelo regime de ambiente alagável. Entretanto foi a classe com maior quantidade de agrupamentos pixels erroneamente classificados em outras classes que possuem semelhança espectral nas imagens, como arbóreas ou até mesmo com alguns solos expostos e áreas urbanas por estarem em contato direto ou apresentarem algum percentual de biomassa.

As áreas classificadas como arbóreas também apresentaram boa acurácia média de 78,31%, porém com significativa confusão com a classe aluvial em todas as cinco ilhas. Isto se deu, principalmente, por se tratarem tipos vegetais com biomassa expressiva, causando algumas incertezas no mapeamento. Entretanto a classe de referência arbórea, teve maior êxito em sua amostragem do que as áreas caracterizadas como sendo classificadas equivocadamente, evidenciando a real distinção entre as classes.

As ilhas Itaboca e Mutirão (Tabela 3), apresentam uma classe em comum, terras baixas; representativa da ocorrência dos açazais, sem a presença constante de áreas inundadas em seu interior, e sua acurácia média foi menor, 70,65%, demonstrando maior confusão com a classe Arbórea.

Os resultados comparativos das classificações realizadas nas cinco ilhas, permitiu analisar a acurácia e os erros de comissão e omissão (Tabela 4). A classificação realizada na ilha Jarimbu apresentou melhor desempenho médio quanto a acurácia, 86,2%, onde nas classes de

hidrografia e área urbana foi observado erro de comissão 1% e nulo, respectivamente. Já o erro de omissão da hidrografia foi de 3% e de 14% na área urbana, o que confirmou a boa distinção destas classes. Nos resultados da ilha Buçu, verificou-se a classe hidrografia com menor valor de acurácia, 56%, se comparadas com os resultados obtidos nas outras quatro ilhas, isto pode ser explicado pelo erro de omissão de 44% e comissão de 6%, o que pode ser explicado por erros e imprecisões na fase de amostragem desta classe, resultando em pixels omitidos na classe correta e assinalados em outra classe.

Tabela 4 - Acurácia (AC) e erros de comissão (C) e omissão (O) relativos às cinco ilhas classificadas.

Classe %	Ilhas														
	Jarimbu			Mamangal			Itaboca			Mutirão			Buçu		
	AC	C	O	AC	C	O	AC	C	O	AC	C	O	AC	C	O
Hidrografia	97	1	3	73	6	27	77	3	23	73	4	27	56	6	44
Solo	81	22	19	72	36	28	84	28	16	81	36	19	78	25	22
Área Urbana	86	0	14	47	26	53	72	5	28	66	10	34	84	23	16
Aluvial	86	29	14	79	42	21	91	43	9	71	43	29	75	46	25
Arbóreas	81	11	19	89	18	11	77	39	23	70	35	30	74	19	26
Terras Baixas	-	-	-	-	-	-	70	4	30	71	29	29	-	-	-
Agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	12	20	-	-	-

Adaptado de De Souza *et al.* 2019

A ilha Itaboca apresentou a segunda melhor média geral de acurácia com 78,5% (Tabela 4). Analisando a classe aluvial com acurácia de 91%, verificou-se que o erro de comissão de 43% foi alto, indicando a inclusão errônea de várias amostras padrão em outras classes. Por outro lado, na mesma classe o erro de omissão foi menor, 9%, apontando baixo percentual de agrupamentos de pixels inclusos nesta classe. O mesmo foi observado na ilha Mamangal, para a classe Arbórea, onde o erro de omissão foi de 11% e o de comissão foi 18%, resultando em uma boa acurácia de 89%.

A validação dos dados para a ilha Mutirão (Tabela 4), referente a classe solo exposto e agricultura, apresentaram altos valores de acurácia de 81% e 80% respectivamente, entretanto para essas duas classes tanto o erro de comissão e como o de omissão foram mais evidenciados em relação a classe área urbana com acurácia inferior 66%. Nos estudos de De Souza *et al.*

(2019), essas aglomerações aparecem como manchas de pequenos tamanhos, confundindo-se também com outros alvos, por exemplo: bancos de areias, estradas e solo exposto.

De modo geral os resultados para as cinco ilhas foram considerados satisfatório, pois através da abordagem e das metodologias utilizadas foi possível definir as alocações dos maciços de açazais, suas relações fitofisionômicas e os arranjos espaciais do uso e cobertura na região. Os resultados identificaram as classes de maior importância, com mapas relevantes para a tomada de decisão sobre gestão e conservação, com baixos custos operacionais e humanos e, aumentando o conhecimento dessas extensas áreas na bacia Amazônica.

3.4

CONCLUSÕES

1. As análises espaço-temporais por classificação de imagens orbitais, no período de 2013 a 2019, demonstrou a grande variação no padrão de uso e cobertura nas cinco ilhas estudadas.

2. A exatidão global do método aplicado neste estudo foi igual ou superior a 71%, aliada a qualidade da classificação e índice de kappa superior a 0,64 demonstrou que o método não supervisionado ISODATA pode ser relevante para boa definição da paisagem, possibilitando agilidade e precisão nos mapeamentos. Neste estudo ficou evidenciado que os resultados mantiveram forte consonância entre os dados classificados e sua referência em campo, com exceção apenas na ilha Mamangal onde a acurácia da classe de área urbana foi baixa, 47%, com erros de comissão e omissão de 26% e 53%.

3. A classe de solo exposto dobrou de tamanho em sete anos nas ilhas Jarimbu, Itaboca e Mutirão, assim com as áreas urbana ganharam maiores proporções distribuição em todas as ilhas, o que pode causar preocupação. Por outro lado, o avanço e aumento, das classes Aluvial e de Terras baixas é um indicativo de que as comunidades locais passaram a manejar as áreas com açazal. Com o aumento dessas áreas, houve a redução da classe Arbórea nas cinco ilhas, confirmando a intensificação do manejo de açazal em detrimento a cobertura arbórea nativa.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ASNER, G.; MARTIN, R. E. & MASCARO, J. Coral Reef Atoll Assessment in the South China Sea Using Planet Dove Satellites. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, v.3, n.2, p.57-65. 2017. <https://doi.org/10.1002/rse2.42>
- BARCELLOS, C. *et al.* Identificação de locais com potencial de transmissão de dengue em Porto Alegre através de técnicas de geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.38, n.3, p.246-250. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822005000300008>
- BLASCHKE, T., KUX, H. Sensoriamento Remoto e SIG Avançados 2 ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 1954. 190p.
- CATEN, A. T., SAFANELLI, J. L., & RUIZ, L. F. Mapeamento multitemporal da cobertura de terra, por meio de árvore de decisão, na bacia hidrográfica do rio Marombas-SC. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.6, 1198-1209, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1198-1209/2015>
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**. Nova York, v.20, n.1, p. 37-46, 1960. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- CONGALTON, RUSSELL G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, n.1, p. 35-46, 1991. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- COSTA, E. M. *et al.* Processamento de imagens RapidEye no mapeamento de uso do solo em ambiente de Mar de Morros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, 1417-1427, 2016. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900040>

DE SOUZA, A. R., *et al.* VCartografia 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. 2019. <https://doi.org/10.11606/rdg.v38i1.151603>

DE SOUSA, B. A. A. *et al.* Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. **Brazilian Journal of Development**, 65020-65033, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-075>

DUARTE, M. L., & DA SILVA, T. A. Avaliação do desempenho de três algoritmos na classificação de uso do solo a partir de geotecnologias gratuitas. **Revista de estudos Ambientais**, 21(1), (2019). <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2019v21n1p6-16>

DUTRA, DJ, ELMIRO, MAT, & GARCIA, R.A. Análise comparativa de métodos aplicados na delimitação da cobertura vegetal por meio de imagens Landsat 8. **Sociedade & Natureza**, 32, 699-710, 2020. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-56139>

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS. FAPESPA. **Estatísticas municipais paraenses: Igarapé-Miri**. Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. Belém, 2016.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.18, p. 302-326, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702012000200008>

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, p. 185– 201, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto** /Tereza Gallotti Florenzano.3 ed.ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, p, 71-79, 2011.of data analysis and patern classification, Stanford Research Institute Menlo Park, California, Technical Report April 1965, for Information Sciences ranch Office of Naval Research Contract Nonr 4918(00) SRI Project 5533.

- GOMES, J. C. **Fotointerpretação I**. Guaratinguetá: Centro de Instrução e Adaptação da Aeronáutica, 2001
- HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE). Brasília: DF. 2014. 472p
- IBGE, R. 2012. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Consultado em :05/11/2020
- IBGE. 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo do município de garapé-miri-PA. Disponível** em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/igarape-miri/panorama>. Acesso em: 12 de abril de 2021.
- IBGE. 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal PAM**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes>. Acesso em: 05 de dezembro de 2020.
- LANDIS, J.R. E KOCH, G. G. Uma aplicação de estatísticas do tipo Kappa hierárquico na avaliação da concordância majoritária entre múltiplos observadores. *Biometrics*, 363-374. 1977
- LOCH, C. **Noções básicas para interpretação de imagens aéreas, bem como algumas de suas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis, UFSC 3ª ed. rev. e. ampl., 120p, 1993.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, DE T. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto UNB, Brasília, 276p.
- MORARIU, O. *et al.* Agricultural land cover classification using Rapideye satellite imagery. **Journal of Young Scientist**, 2018.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ed. Viçosa: UFV, 2003

MOTA, E. R. *et al.* Diversidade, distribuição espacial e espécies arbóreas estruturantes em Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. **Brazilian Journal of Development**, 6(9), 71192-71208 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-531>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Açaí sustentável no Pará** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/9517-açai-sustentavel-no-pará> acesso em 12/09/2019.

NAESSET, E. *et al.* Mapping and estimating forest area and aboveground biomass in miombo woodlands in Tanzania using data from airborne laser scanning, TanDEM-X, RapidEye, and global forest maps: A comparison of estimated precision. **Remote sensing of Environment**, 175, 282-300. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.01.006>

OLOFSSON, P. *et al.* Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. **Remote Sensing of Environment**, 148, 42-57. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>

OLIVEIRA, H. S. *et al.* Avaliação De Algoritmos Para Classificação De Uso E Cobertura Da Terra Na Porção Central Do Rio Grande Do Sul A Partir De Imagens De Alta E Média Resolução Espacial. **Geo UERJ**, (37). 2020. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2020.43259>

OLIVEIRA, U. R. *et al.* Uso de imagens de satélite landsat no estudo temporal da cobertura da terra no raso da Catarina. Cap. 4. 42 – 53. In: TULLIO L. **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto** [recurso eletrônico] Ponta Grossa (PR): Atena Editora – (Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto; v. 3. 2019. DOI 10.22533/at.ed.3791923094.

PARIDA, B. R.; KUMAR, P. Mapeamento e análise dinâmica da floresta de mangue durante 2009–2019 usando dados de satélite landsat – 5 e sentinel – 2 ao longo da Costa de Odisha. **Tropical Ecology**, 538-549 2020. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00112-7>

PAROLIN, P. *et al.* Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. **The Botanical Review**, v.70, p.357-380, 2004 [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2004\)070\[0357:CAFFTA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2004)070[0357:CAFFTA]2.0.CO;2)

- PINHEIRO, É. C. C., RAMOS, A. P. M., & JUNIOR, J. M. Validação da Aplicação de Imagens Planet à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Mato Grosso do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**. 145-153, 2020. https://doi.org/10.11137/2019_3_145_153
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, MORA T. **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de Textos, reimpressão 2015.
- ROSA, J. C. S., SOUZA, B. A., & SÁNCHEZ, L. E. Identificação de serviços ecossistêmicos em áreas de floresta mediante sensoriamento remoto. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 53, 2020. <https://doi.org/10.5380/dma.v53i0.62669>
- SOARES D. C. DE B. L., LIMA H. V., ARAÚJO S. R., TORRES L. C., SANTOS A. C. Mapping and Environmental Diagnosis in Native Acai Areas in the Amazon; **Journal of Agricultural Science**; Vol. 13, No. 5; 2021. <https://doi.org/10.5539/jas.v13n5p179>
- SWAIN P. H.; DAVIS S. M. **Remote Sensing: The Quantitative Approach**, McGraw Hill Book Company, New York, N.Y., p. 375, 1978.
- TAGORE, M. D. P. B., do CANTO, O., & SOBRINHO, M. V. Políticas públicas e riscos ambientais em áreas de várzea na Amazônia: o caso do PRONAF para produção do açaí. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 45. 2018. <https://doi.org/10.5380/dma.v45i0.51585>
- TEMBA, P. **Fundamentos da fotogrametria**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. 2000.

Considerações finais

A abordagem da presente tese buscou um foco de pesquisa a ser ampliado no âmbito do PGAGRO/UFRA, com estudos futuros que utilizem a ampla base de dados agronômicos do manejo do açaí disponível na região, assim como levantamentos mais amplos das várzeas amazônicas, a utilização de novas metodologias e tecnologias modernas, com a utilização de drones para detalhar os mapeamentos de uso e cobertura.

Os artigos aqui apresentados foram publicados em periódicos científicos de relevância, na perspectiva de avançar em abordagens com aplicação de geotecnologias na agricultura das várzeas, ampliando significativamente o conhecimento nestas áreas. Os estudos enfatizaram o potencial do sensoriamento remoto e do processamento de imagens e sua correlação aos atributos do solo, sobretudo dos métodos de classificação.

A ampliação dos mapeamentos nas demais ilhas de Igarapé-Mirí, compondo um arquipélago de 11 ilhas, poderá fornecer os parâmetros de locação das maiores áreas de produção de açaí na região, fornecendo o arcabouço completo das ocorrências nativas, manejadas e plantadas de açaí, favorecendo informações vitais relacionadas a gestão sustentável dos açazais. Neste contexto, trabalhos futuros são necessários de modo a proporcionar: i) o dimensionamento dos maciços de açazais em toda a região; ii) as estimativas mais precisas de produtividade; iii) implementação de rastreamento destas áreas de produção; iv) definição das melhores rotas de escoamento e logísticas de distribuição do açaí; v) bases de dados para implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) das áreas de produção; vi) base para a regularização fundiárias das propriedades nas ilhas em terras de marinha e; vii) subsídios para a implementação de estratégias de aumento da produtividade através do manejo e enriquecimentos das áreas já consolidadas ou ampliação de novas áreas e produção; viii) definição e mapeamento das características físico químicas do solo para apoiar o manejo dos açazais na região.