
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS PLANET SCOPE COMO SUBSÍDIO PARA ANÁLISE DE QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE FLORESTA

Arthur Gutemberg Andion Farias **MOURA**

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil.
Pesquisador do Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA/IG/UFPA).

E-mail: arthurandio@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2218-1266>

Yuri Antonio da Silva **ROCHA**

Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil.
Pesquisador do Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA/IG/UFPA).

e-mail: eng.yurirocha@gmail.com
orcid: <https://orcid.org/0009-0004-3055-5653>

Aline Maria Meiguins de **LIMA**

Docente da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil.
Vice-coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Brasil.
Coordenadora do Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA/IG/UFPA).

E-mail: ameiguins@ufpa.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0594-0187>

*Recebido
Outubro de 2024*

*Aceito
Agosto de 2025*

*Publicado
Dezembro de 2025*

Resumo: O presente trabalho explorou o uso de imagens de alta resolução da constelação PlanetScope para o monitoramento e quantificação de áreas florestais na Ilha de Cotijuba, localizada no estado do Pará, Brasil. Utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e técnicas avançadas de geoprocessamento, o objetivo foi quantificar a cobertura florestal da ilha usando imagens de alta resolução espacial. As imagens PlanetScope, com resolução espacial entre 3 e 5 metros, foram fundamentais para realizar uma análise detalhada da vegetação, facilitando a identificação de áreas florestais. A classificação supervisionada apresentou em uma acurácia de 97,47%, comprovando a eficácia dessas tecnologias no monitoramento florestal. Os resultados indicam que mais de 62% da ilha permanece coberta por florestas, apesar do crescimento urbano e das atividades agrícolas. De acordo com esse cenário, este estudo reforça a relevância das geotecnologias no planejamento territorial e na preservação ambiental, demonstrando como a combinação de imagens de satélite

de alta resolução com índices como o NDVI pode aprimorar a quantificação na cobertura florestal e apoiar a gestão sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chave: Planet Scope; monitoramento florestal; NDVI.

USE OF PLANET SCOPE IMAGES AS A SUBSIDY FOR QUANTIFICATION ANALYSIS OF FOREST AREAS

Abstract: This study explored the use of high-resolution images from the PlanetScope constellation for monitoring and quantifying forest areas on Cotijuba Island, located in the state of Pará, Brazil. Using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and advanced geoprocessing techniques, the objective was to quantify the island's forest cover using high spatial resolution images. PlanetScope images, with spatial resolution between 3 and 5 meters, were essential to perform a detailed analysis of the vegetation, facilitating the identification of forest areas. The supervised classification resulted in an accuracy of 97,47%, proving the effectiveness of these technologies in forest monitoring. The results indicate that more than 62% of the island remains covered by forests, despite urban growth and agricultural activities. According to this scenario, this study reinforces the relevance of geotechnologies in territorial planning and environmental preservation, demonstrating how the combination of high-resolution satellite images with indices such as NDVI can improve quantification of forest cover and support the sustainable management of natural resources.

Key words: Planet Scope; forest monitoring; NDVI.

USO DE IMÁGENES DE ALCANCE DEL PLANETA COMO SUBSIDIO PARA EL ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE ÁREAS FORESTALES

Resumen: El presente trabajo exploró el uso de imágenes de alta resolución de la constelación PlanetScope para monitorear y cuantificar áreas forestales en la isla Cotijuba, ubicada en el estado de Pará, Brasil. Utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y técnicas avanzadas de geoprocесamiento, el objetivo era cuantificar la cubierta forestal de la isla utilizando imágenes de alta resolución espacial. Las imágenes de PlanetScope, con una resolución espacial de entre 3 y 5 metros, fueron fundamentales para realizar un análisis detallado de la vegetación, facilitando la identificación de zonas forestales. La clasificación supervisada arrojó una precisión del 97,47%, lo que demuestra la eficacia de estas tecnologías en el seguimiento forestal. Los resultados indican que más del 62% de la isla permanece cubierta de bosques, a pesar del crecimiento urbano y las actividades agrícolas. Según este escenario, este estudio refuerza la relevancia de las geotecnologías en la planificación territorial y la preservación ambiental, demostrando cómo la combinación de imágenes satelitales de alta resolución con índices como el NDVI puede mejorar la cuantificación de la cubierta forestal y apoyar la gestión sostenible de los recursos naturales.

Palabras-claves: Planet Scope; monitoreo forestal; NDVI.

INTRODUÇÃO

Os ambientes naturais e seus recursos têm sido progressivamente explorados e degradados por atividades antrópicas ao longo das décadas, impactando significativamente a resiliência dos ecossistemas envolvidos, com relação direta com os efeitos de variabilidade

climática (Copertino *et al.*, 2019; Raqeeb *et al.*, 2024). Como um dos componentes mais importantes dos ecossistemas terrestres, a vegetação florestal conecta elementos ecológicos como hidrologia, solo e atmosfera, fornecendo inúmeros bens e serviços ecossistêmicos (Xu *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto para o uso de imagens de satélites tem proporcionado grandes e rápidas evolução nos estudos do monitoramento das áreas florestais (Giotto; Filho, 2024). Nesse contexto, as geotecnologias que fazem uso do sensoriamento remoto têm se consolidado como ferramentas para obtenção e análises de dados ambientais e territoriais, os quais podem ser adquiridos por diversos meios, tais como satélites, drones e aeronaves (Chedid; Cortez; Arcovede, 2024). A partir dessas ferramentas, a obtenção de informações históricas espaciais georreferenciadas do ambiente torna-se possível, estas podem ser usadas e/ou aplicadas em múltiplas finalidades, tal como na montagem de bancos de dados georreferenciados para monitoramento florestal e ambiental (Fonseca; Martins, 2021; Moreto *et al.*, 2021). O mapeamento das florestas tropicais é essencial para compreender os impactos da supressão vegetal e da degradação, apoiar o monitoramento dos recursos naturais e formular políticas públicas (Csillik; Kumar; Asner, 2020; D'antona; Dagnino; Bueno, 2010).

A constelação *Planet Scope* oferece um meio de aumentar o conjunto de dados de observação da Terra e preencher as principais necessidades de observação espaço-temporal (Frazier; Hemingway, 2021). Atualmente composta por 120 satélites em órbita, a constelação *Planet Scope*, coleta imagens diárias de toda a superfície terrestre, com sensores capazes de capturar imagens com resolução de 3 a 5 metros, sendo útil para analisar e rastrear mudanças na cobertura da terra (Minallah *et al.*, 2020). Contudo, a utilização se torna restrita em decorrência dos custos associados à aquisição de imagens e licenças de uso, além de que o uso das imagens depende da finalidade a ser alcançada (Skakun *et al.*, 2021; Acharki, 2022; Amankulova *et al.*, 2023).

Para analisar alterações espaço-temporais ocorridas na cobertura da terra, são cada vez mais usadas geotecnologias que utilizam informações espectrais obtidas por sensoriamento remoto (Santos; Hacon; Neves, 2023). Assim, Kriegler (1969) apresentou a utilização do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) para aperfeiçoar a análise de informações sobre vegetação. O NDVI passou a ser amplamente utilizado devido à sua capacidade de delimitação da vegetação e do estresse vegetativo, trazendo contribuições relevantes à estudos de uso da terra (Stamford *et al.*, 2023). No geral, encontra-se relacionado a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, permitindo a localização da distribuição geográfica dos

diferentes usos do solo, seleção de áreas prioritárias para recuperação e redução de passivos ambientais (Moreto *et al.*, 2021).

Esse índice tem se destacado de forma significativa, em virtude de ser um dos mais relevantes indicadores para a análise da cobertura de vegetação em diferentes períodos utilizando técnicas de sensoriamento remoto, além de ter se mostrado bastante utilizado na estimativa de parâmetros biofísicos da vegetação, com um ganho forte no conceito de razão que reduz várias formas de ruídos multiplicativos como diferenças de iluminação, sombra de nuvens, atenuação atmosférica, certas variações topográficas (Barros; Farias; Marinho, 2020; Soares *et al.*, 2020).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo realizar um levantamento quantitativo da classe de floresta na Ilha de Cotijuba, utilizando a técnica de *NDVI* aplicado a uma imagem de alta resolução *Planet*.

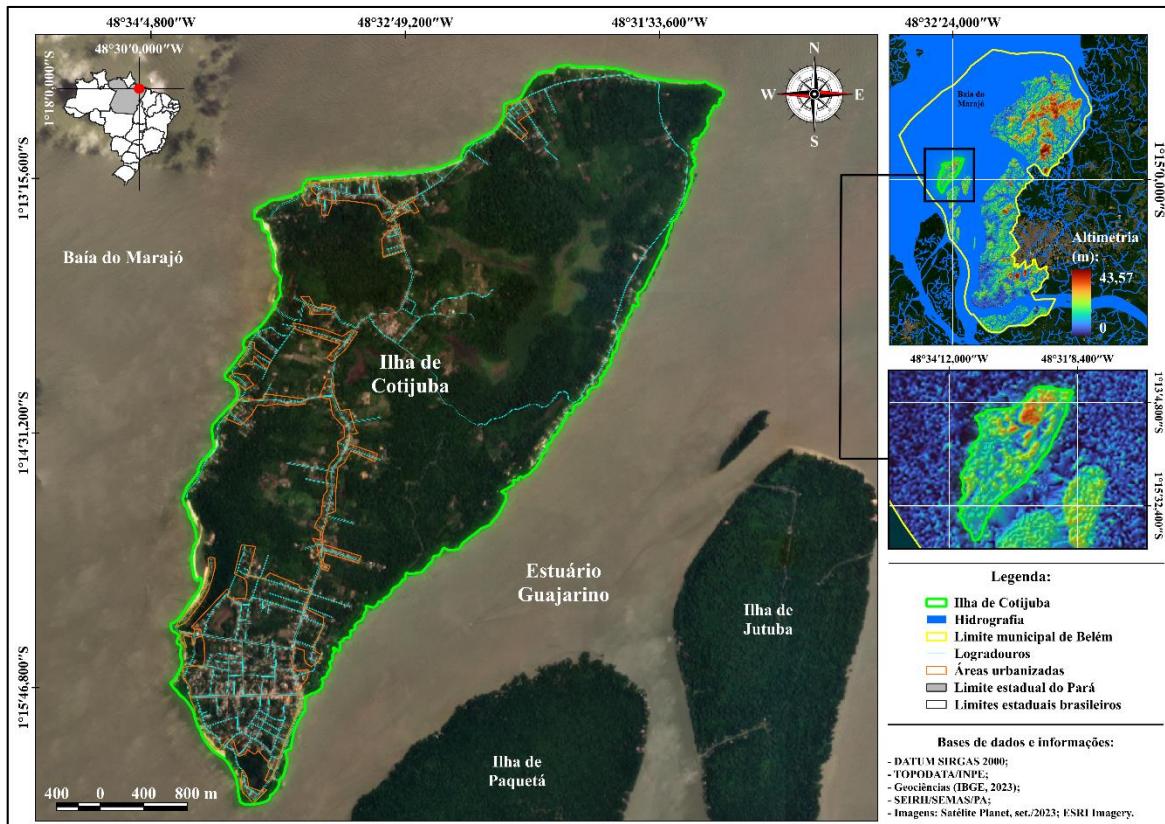
MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na ilha de Cotijuba (Figura 1), pertencente ao limite administrativo municipal Belém, capital do estado do Pará/BR. Possui distância de aproximadamente 22 km da porção continental belenense, tendo como acesso principal o transporte fluvial sobre a Baía do Guajará, e ocupa uma área de 15.952,9 km², com uma costa abrangendo 15 km de praias de água doce (Belém, 2012). A Ilha de Cotijuba é a terceira maior ilha em dimensão territorial do arquipélago belenense, possuindo com aproximadamente dez mil habitantes (Silva; Almeida; Gama, 2021).

A Ilha de Cotijuba apresenta uma formação vegetal diversificada, existem fragmentos de floresta amazônica de terra firme. Em alguns pontos a floresta é alta, densa e possui alguns elementos importantes para a fitogeografia da Amazônia (Mascarenhas *et al.*, 2009). A vegetação predominante é de palmáceas, destacando-se o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart), que cobre quase 96% da cobertura vegetal, entre outras espécies frutíferas como as mangueiras e taperabazeiros, que permitem a colheita durante o ano todo na forma extrativista. O solo típico é o gleissolo háplico eutrófico. Este solo é relativamente recente e pouco desenvolvido (Vale *et al.*, 2022).

Figura 1 - Localização da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, Brasil



Fonte: Os autores (2024).

Base de dados

As imagens *Planet* foram obtidas de forma gratuita no site da *Planet* (www.planet.com), com um tamanho de pixel de 3-4 m de resolução espacial. As imagens do sensor Dove de 4 bandas, oferecem disponibilidade de dados em alta resolução espacial; e tempo de revisita diário, em órbita síncrona ao Sol (Wegmuller *et al.*, 2021).

A área de estudo se encontra em duas quadriculas (747-1017 e 747-1016), com datas de 14/02/2024 e 03/04/2024, respectivamente, estas foram mosaicadas para viabilizar as análises, com o uso das 4 bandas componentes no processo (Tabela 1).

O NDVI é um índice espectral aplicado à caracterização do estado de crescimento e cobertura da vegetação, adota a razão entre a refletância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED), que demonstram responder a mais de 90% de informações sobre vegetação (Baret *et al.*, 2005). Esse índice é utilizado principalmente para estudos e avaliações ambientais, possibilitando avaliações da cobertura vegetal com diferentes objetivos (Albuquerque *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Descrição do sensor DOVE: apresenta bandas espetrais similares as obtidas pelo sensor PS2.SD (Vermelho, Verde, Azul e NIR), quando o registro é codificado em 4 bandas. E quatro bandas adicionais (Red Edge, Green I, Yellow e Coastal Blue), na codificação em 8 bandas

<i>Ordem das bandas</i>	<i>Faixas espetrais do sensor PSB.SD</i>
4 - bandas	
Banda 1 = Blue	Blue: 465 - 515 nm
Banda 2 = Green	Green: 547 - 585 nm
Banda 3 = Red	Red: 650 - 680 nm
Banda 4 = Near-infrared	NIR: 845 - 885 nm
8 - bandas	
Banda 1 = Coastal Blue	Coastal Blue 431 - 452 nm
Banda 2 = Blue	Blue: 465 - 515 nm
Banda 3 = Green I	Green I: 513 - 549 nm
Banda 4 = Green	Green: 547 - 583 nm
Banda 5 = Yellow	Yellow: 600 - 620 nm
Banda 6 = Red	Red: 650 - 680 nm
Banda 7 = Red Edge	Red Edge: 697 - 713 nm
Banda 8 = Near-infrared	NIR: 845 - 885 nm

Fonte: Os autores, 2024. Adaptado de Planet Understanding PlanetScope Instruments (2024).

Procedimentos metodológicos

O NDVI é obtido por meio da relação (Huete *et al.*, 2002): $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. Onde NIR equivale a faixa do infravermelho próximo e RED a faixa do vermelho. As bandas processadas por meio de álgebra cartográfica, fornecem um resultado que grada de valores que variam de -1 a +1. Estes são avaliados segundo a resposta esperada dos alvos espetrais, quanto mais próximo de +1, mais sadias é a vegetação, enquanto valores abaixo de 0 indicam áreas sem vegetação, ou com cobertura de nuvens espessas (Silva; Beltão; Santos, 2023).

Na identificação das classes de cobertura da terra foi adotado o processo de classificação supervisionada aplicado ao produto gerado pelo NDVI. O objetivo foi promover uma classificação da cobertura vegetal mais detalhada, utilizando quando o conhecimento prévio da área de estudo, possibilitando a seleção confiável de amostras de treinamento através da interpretação manual de imagens (Lage, 2021).

A classificação supervisionada seguiu os valores gerados pelo NDVI, adaptando-se o desenvolvido por Avarenga e Moraes (2014). Os limites da chave inicial de interpretação foram: (-1,0) a (-0,8)/água; (-0,8) a (-0,4)/solo exposto; (-0,4) a (+0,6)/vegetação rasteira; e (+0,6) a (+1,0)/vegetação densa. Entendendo-se que o posterior ajuste para as categorias de “não floresta” para o limite de (-1,0) a (-0,6) e “floresta” para valores entre (+0,61) a (+1,0), foi melhor individualizado na área de estudo, separando-se bem os grandes grupos.

Neste método, os algoritmos de classificação recebem antecipadamente dados sobre as áreas para extrair características e, subsequentemente, é aplicado o método de classificação supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (ferramenta *Maximum Likelihood Classification*) (Lillesand; Kiefer, 1994). Este classificador opera calculando o vetor médio, a variância e a correlação

para cada classe nos dados de treinamento, permitindo a obtenção de informações precisas sobre a distribuição de classes na região de interesse (Curran, 1985).

Validação da Acurácia

A acurácia é uma métrica utilizada para avaliar a performance de um modelo de classificação, representando a proporção de previsões corretas (tanto positivas quanto negativas) em relação ao total de observações (Souza *et al.*, 2024). Para validar o mapeamento das áreas de florestas e não florestas, as imagens *Planet* foram cruzadas com o mapeamento semi-automático para realizar uma avaliação visual e manual através de uma matriz de confusão. Dessa forma, utilizou-se a Acurácia Global, juntamente com as acurácias do usuário e do produtor.

A Acurácia Global (Ag), conforme Story e Congalton (1986), é uma maneira mais comum para representar a precisão, tanto de imagens quanto de mapas, está na declaração da porcentagem da área da imagem que foi corretamente classificada quando comparada a dados de referência ou “*verdade de campo*”. Esta declaração normalmente é derivada de uma contraparte da classificação correta gerada por amostragem dos dados classificados, e expressada na forma de matriz de erro, algumas vezes denominada de matriz de confusão ou tabela de contingência (Bolfe *et al.*, 2004).

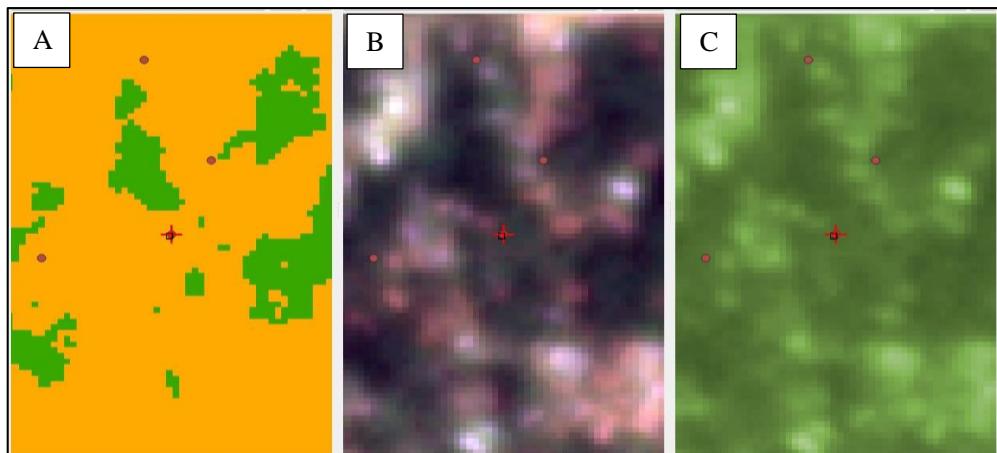
A Acurácia Global (Ag) expressa o total de acertos em relação ao total de amostras da imagem classificada (Vieira e Viana, 2021): $Ag = 100 * (a/n)$. Onde a representa os pontos amostrais com acerto e n indicando o número total de pontos amostrais.

O processamento da acurácia é realizado através do cálculo da matriz de confusão, sendo as classes de interesse selecionadas previamente pelo usuário. O procedimento começa com a escolha da imagem *Planet*, onde são analisados os padrões de acurácia. A análise se baseia em uma classificação supervisionada, que foi aplicada sobre o resultado do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Foram geradas 396 amostras, distribuídas proporcionalmente ao tamanho das categorias observadas gerando assim um mapa de pontos (ferramenta *Acatama*).

Por fim, foi efetuada a validação manual (Figura 2), com a interpretação visual dos padrões observados nas imagens. Isso permitiu obter dados detalhados sobre o nível de acurácia global do processo de classificação. Conforme descrito, com a adaptação da chave de interpretação proposta por Avarenga e Moraes (2014), as categorias definidas individualizaram as classes de “*Não Floresta*”, com as subcategorias como zona urbana, corpos d’água, solo exposto e vegetação rasteira; e a de “*Floresta*” reunindo a cobertura vegetal arbórea de grande

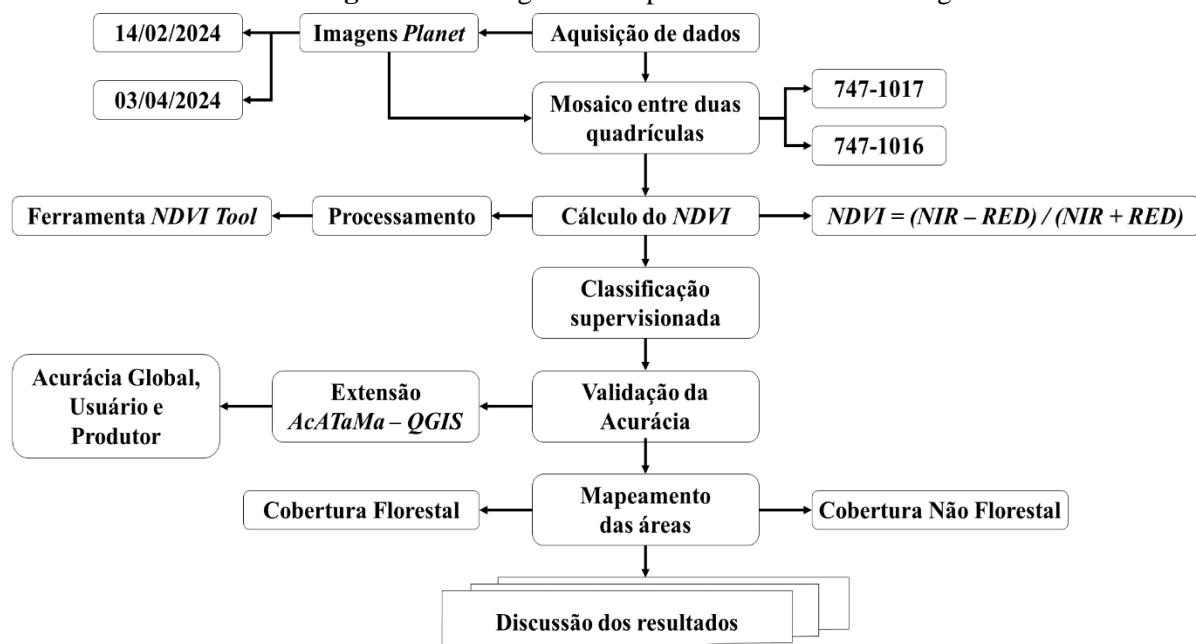
porte da porção central de terra firme e da várzea. Todos os procedimentos metodológicos apresentados estão sintetizados na Figura 3, que organiza o fluxo de trabalho, facilitando a replicação da metodologia por outros pesquisadores.

Figura 2 - Layout classificação dos pontos; (A) classificação supervisionada; (B) Imagem Planet e (C) NDVI.



Fonte: Os autores, 2023.

Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Os autores, 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado dos modelos submetidos à uma matriz de confusão, mostra um bom desempenho do algoritmo, pelo qual se obteve porcentagens de acurácia global de 97,47% em relação a classificação supervisionada (Tabela 2).

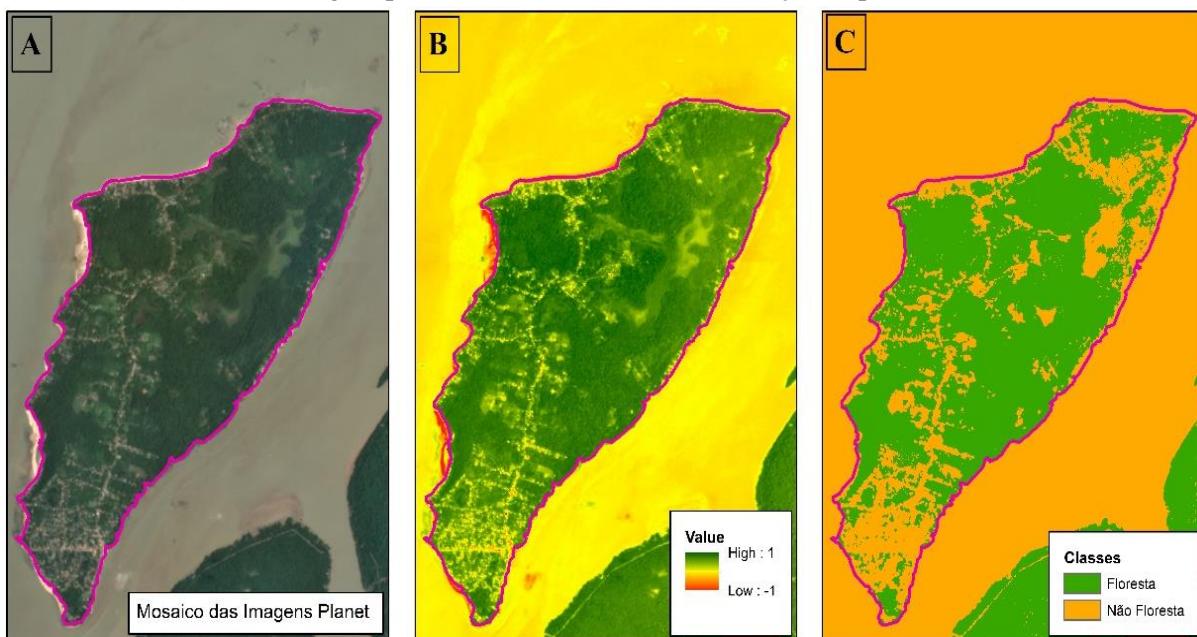
Tabela 2 - Resultados do desempenho de acurácia.

Classe	Floresta	Não Floresta	Total	Acurácia do Produtor (%)	Acurácia do Usuário (%)	Acurácia Global (%)
Floresta	326	9	335	99,69	97,31	97,47
Não Floresta	1	60	61	86,95	98,36	
Total	327	69	396			

Fonte: Os autores (2023).

O objetivo da classificação proposta está investigação da adoção do NDVI para o detalhamento das formas de cobertura da terra que representem as estruturas florestais. A eliminação das categorias consideradas como “*não floresta*” definiu melhor a separação das classes na área amostrada, que tem o benefício do caráter insular e uma nucleação dos limites da várzea em direção as áreas de terra firme (centrais), com um destaque forte da faixa urbanizada e alterada (solo exposto) (Figura 3).

Figura 3 - Imagem planet (A), NDVI (B) e Classificação Supervisionada (C).



Fonte: Os autores (2023).

A adoção do NDVI para exclusão das categorias de “*não floresta*” (limite de -1,0 a -0,6) segregou a zona urbana, corpos d’água, solo exposto, depósitos de areia, afloramento rochoso e vegetação rasteira. Desta forma, o método mostra-se aplicável para a quantificação da área verde em uma região, e traduz uma avaliação para os efeitos da retirada da cobertura vegetal. Assim como, possibilita uma análise ecossistêmica baseada na variação borda-núcleo florestal. Na ilha, em função do seu formato alongado e do processo de uso da terra, a região

central encontra-se com um eixo de alteração segmentando de norte a sul, tornando as faixas florestais mais consolidadas limítrofes as bordas noroeste e leste.

Com base nos valores encontrados para a classe floresta, mais da metade da Ilha de Cotijuba ainda se encontra preservada, com 62,60% de sua área (983,48 ha) coberta por floresta e distribuindo-se em sua maioria ao noroeste e a leste (Tabela 3). A classe de “*não floresta*” ocupa uma área de 587,46 hectares (37,34%) (Figura 4). Essa informação é relevante para entender a distribuição espacial das áreas florestais e não florestais, permitindo uma análise detalhada das dinâmicas de uso e ocupação da terra.

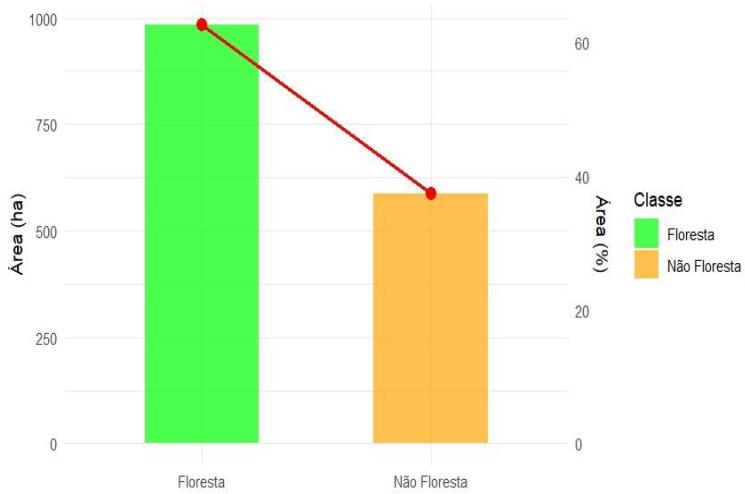
Tabela 3 - Quantificação das classes estudadas

Classes	Área (ha)	Área (%)
Floresta	983,48	62,60%
Não Floresta	587,46	37,34%

Fonte: Os autores (2024).

Apesar do resultado positivo para o total percentual e em área (Figura 4) a geometria da mancha principal de floresta está sendo modificada a partir da sua porção central. Como a classificação adotou o NDVI como base, as áreas úmidas, sem cobertura florestal também foram excluídas, representando assim que a mancha de floresta se encontra em processo de fragmentação, com a tendência (se o processo persistir) de individualização de manchas específicas com muito pouca ou sem conexão.

Figura 4 – Gráfico de distribuição das classes: Floresta e Não Floresta, considerando a variação % e em hectares



Fonte: Os autores (2023).

Silva, Almeida e Gama (2021), pesquisando sobre a cobertura vegetal da Ilha, constataram que a classe de floresta ocupava cerca de 42% da área em 2020, com prevalência

nas áreas a norte e leste de Cotijuba. Porém, os autores utilizaram uma imagem *Sentinel-2*, com 10 m de resolução espacial, havendo diferenças na chave de classificação adotada e na forma de interpretação da imagem, que não foi por meio de índices espectrais e sim pela relação direta com os alvos amostrais. Paranhos Filho *et al.* (2021) destacam a importância da resolução espectral e espacial na discussão da definição dos alvos terrestres, desta forma dependendo do tratamento amostrado, as técnicas de realce da imagem, como a empregada neste trabalho com o NDVI, podem destacar elementos específicos de discussão.

Gutierrez *et al.* (2021) empregaram o mesmo procedimento de realce da imagem para posterior classificação, utilizando imagens Landsat, para a Região Metropolitana de Belém (PA), com a adoção do NDBI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para a definição das áreas urbanas (áreas edificadas, bancos de areias e solo exposto), do NDWI (*Normalized Difference Water Index*) para as áreas de cobertura de corpos d'água, do BSI (*Bare Soil Index*) para as coberturas superficiais com solos descobertos, e do NDVI na definição de áreas como cobertura de vegetação.

McCabe *et al.* (2017) estimaram a dinâmica da vegetação, com destaque para a vantagem espaço-temporal das imagens *Planet*. Neste estudo, a resposta fornecida apresentou um nível de detalhe alto, superior aos mapeamentos por imagens *Landsat*, conforme esperado dada as características de imageamento do sensor *Planet* (Frazier; Hemingway, 2021; Ramos *et al.*, 2023). Acharki (2022) avaliou o desempenho comparativo entre o *Landsat-8*, *Sentinel-2* e *Planet Scope*, entre 2020 e 2021. O resultado também revelou que o conjunto de dados *Planet Scope* (5m) superou os conjuntos de dados *Landsat-8* (30m) e *Sentinel-2* (10m) em termos de precisão.

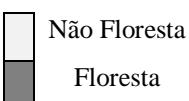
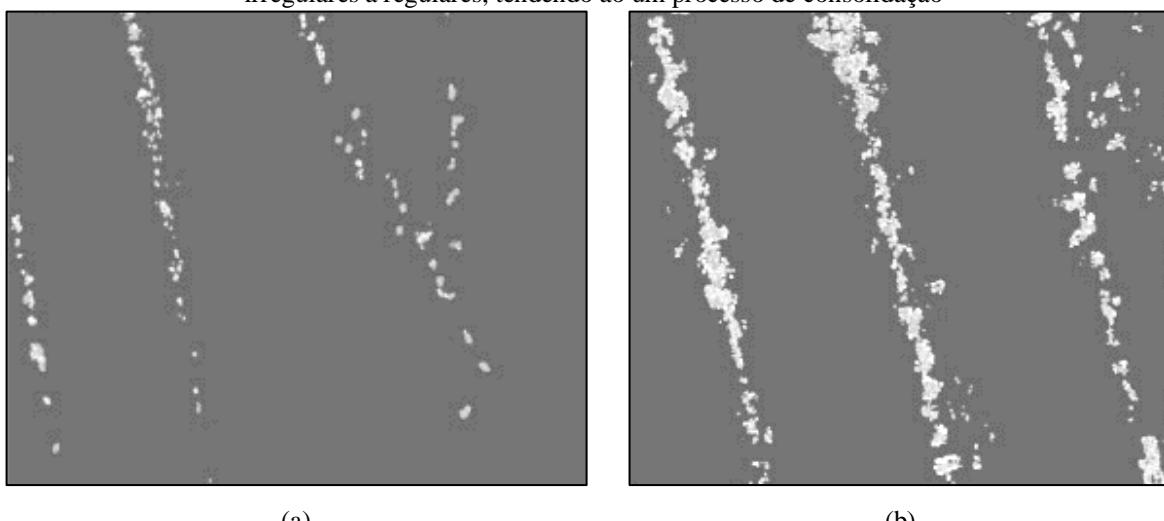
Castro e Silva (2020) também tiveram o foco da classificação na cobertura vegetal, porém como tinham uma espécie específica de mapeamento, os autores foram mais detalhistas na separação da categoria florestal, com a definição do “*não floresta*” pelo SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) e do EVI (*Enhanced Vegetation Index*) junto ao NDVI para realce da vegetação e da espécie em estudo, em imagens *Landsat*.

No relativo as perspectivas futuras para a Ilha de Cotijuba, entende-se um processo histórico marcado pelo aumento da expansão urbana, de áreas destinadas a subsistência local e ao comércio, com amplo desenvolvimento do turismo (Cardoso *et al.*, 2019). Segundo Silva, Almeida e Gama (2021), as atividades de produção agrícola de ciclo curto na ilha de Cotijuba, é encontrada principalmente nas comunidades Flecheira e Praia Funda. A Cartilha de Zoneamento Econômico e Ecológico das ilhas de Belém aponta que as ilhas de Mosqueiro e

Cotijuba tiveram 36% e 40%, respectivamente, de suas florestas substituídas por atividades agropecuárias e usos urbanos (Nahum *et al.*, 2015).

Adotando-se a interpretação de Venturieri *et al.* (2004) é observado um padrão de ocupação em parte difuso com manchas de “não floresta” isoladas (Figura 5a), porém tendendo a conexão como forma de ocupação estabelecida (Figura 5b), que acompanha os corredores de ligação estabelecidos na Ilha, com o objetivo de mobilidade entre os habitantes locais, principalmente na potencialização do comércio e do turismo.

Figura 5 – Modelos teóricos: (a) paisagem caracterizada por pequenas aberturas, com formatos irregulares, quase isoladas, classes de uso da terra heterogêneas; (b) paisagem com uma evolução na ocupação do espaço marcada pelo preenchimento das áreas próximas a estrada, com pequenas aberturas contíguas, de formatos irregulares a regulares, tendendo ao um processo de consolidação



Fonte: Adaptado de Venturieri *et al.* (2004).

Desta forma, o uso das técnicas de sensoriamento remoto permite a interpretação prospectiva dos cenários futuros da Ilha, e seu planejamento voltado a conservação dos recursos naturais e benefícios aos moradores locais, para manutenção das áreas necessárias para sua segurança (redução dos riscos ambientais) e de manutenção do potencial extrativista local, que é uma forma de potencializar a economia local, com os serviços ambientais que a floresta pode trazer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação combinada de sistemas de informação geográfica, sensoriamento remoto e geoprocessamento permite a coleta e análise de dados relacionados a cobertura florestal, tornando mais fácil o seu monitoramento. A área de floresta presente da Ilha pode ser quantificada precisamente, quando se utilizam técnicas de geoprocessamento aplicadas a uma imagem de alta resolução. Os resultados permitiram confirmar a eficiência das imagens *Planet Scope* com resolução de 5m para o monitoramento quantitativo de áreas florestais, e com uma acurácia global de 97,47%.

A combinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com imagens de satélite da constelação Planet oferece uma ferramenta poderosa para o monitoramento de áreas florestais. O NDVI é amplamente utilizado para avaliar a saúde da vegetação, identificando mudanças na cobertura verde.

A adoção de índices espectrais aplicados ao mapeamento florestal, permite a identificação de áreas críticas que requerem intervenção imediata. Além disso, apoia iniciativas de conservação e planejamento sustentável. A combinação dessas tecnologias não apenas melhora a precisão na detecção de mudanças, mas também permite uma resposta mais rápida e informada às ameaças ambientais.

REFERÊNCIAS

- ACHARKI, S. PlanetScope contributions compared to Sentinel-2, and Landsat-8 for LULC mapping. **Remote Sensing Applications Society and Environment**, [S. l.], v. 27, n. 1, 2022.
- ALBUQUERQUE, *et al.* Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2014.
- AMANKULOVA, K.; FARMONOV, N.; AKRAMOVA, P.; TURSUNOV, I.; MUCSI, L. Comparison of PlanetScope, Sentinel-2, and landsat 8 data in soybean yield estimation within-field variability with random forest regression. **Heliyon**, [S. l.], v. 9, n. 6, 2023.
- AVARENZA, A. S.; MORAES, M. F. **Processamento digital de imagens LANDSAT – 8 para obtenção dos índices de vegetação NDVI e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG**. MundoGeo, 2014. Disponível em:<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-paraobtentao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>. Acesso em: 16 out. 2018.
- BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D. J. TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. 12th Canadian Symposium on Remote Sensing Geoscience and Remote Sensing Symposium. **Anais [...]**. IEEE, 2005.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M; MARINHO, J. Luiz A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte–CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 2885-2895, 2020.

Belém. Prefeitura Municipal. (2012). **Anuário estatístico de Belém**. Recuperado em 21 janeiro de 2020, de http://www.belem.pa.gov.br/transparencia/?page_id=1510. Acesso em: 10 out. 2024.

BOLFE, É. L. *et al.* Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 85–90, 2004.

CARDOSO, A. C. D.; VICENTE, L. R.; OLIVEIRA, R. C. B. D. Cartografia Social da Ilha de Cotijuba–Belém/PA. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [S. l.], v. 26, n. 39, 2019.

Castro, B. L. G.; Silva, J. S. Análise de índices de vegetação para classificação de áreas potenciais de ocorrência de *attalea speciosa mart. ex Spreng.* **Revista Geoaraguaia**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 86–101, 2020.

CHEDID, V.; CORTEZ, J. W.; ARCOVERDE, S. N. S. Monitoring the vegetative state of coffee using vegetation indices. **Engenharia agrícola**, [S. l.], v. 44, 2024.

COPERTINO, M; PIEDADE, M. T. F.; VIEIRA, I. C. G.; BUSTAMANTE, M. Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 71, n. 4, p. 04-05, 2019.

CSILLIK, O.; KUMAR, P.; ASNER, G. P. Challenges in estimating tropical forest canopy height from Planet Dove imagery. **Remote sensing**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 1160, 2020.

CURRAN, P. **Principles of remote sensing**. 1. ed. London: Longman, 1985.

D'ANTONA, Á.; DAGNINO, R.; BUENO, M. **Geotecnologias e gestão de políticas públicas: uso de dados demográficos**. In: População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Rosana Baeninger (org.). Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010.

DO VALE, L. F. *et al.* Valoração ambiental e a disposição a pagar: um método aplicado na ilha de cotijuba–pa. **Agroamazon**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 60-68, 2022.

FONSECA, S.; MARTINS, S. V. W. Monitoramento de fauna como indicador de restauração florestal de uma área em ambiente de mineração de bauxita na Zona da Mata Mineira. In: **Aguas e Florestas: Desafios Para Conservacao e Utilizacao**. Editora Científica Digital, 2021. p. 340-357.

FRAZIER, A. E.; HEMINGWAY, B. L. A technical review of Planet smallsat data: Practical considerations for processing and using PlanetScope imagery. **Remote sensing**, [S. l.], v. 13, n. 19, 2021.

GIOTTO, E.; FILHO, J. A. M. Quantificação e monitoramento da cobertura florestal de um município, por fotointerpretação, com aplicação da distribuição beta. **floresta e ambiente**, [S. l.], v. 3, p. 42-48, 2024.

GUTIERREZ, C. B. B.; LIMA, A. M. M.; PALIDORI, L.; SOUZA, E. B. Dinâmica multitemporal da urbanização na região metropolitana de Belém: evidências de antropismo em um cenário Amazônico. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v.12, n.10, p. 258-272, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0022>

HUETE, A. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, v. 83, n. 1–2, p. 195–213, 2002.

KRIEGLER, F. J. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. In: **Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment**. 1969. p. 97-131.

LAGE, M. DE O. **Identificação e classificação de áreas urbanas propícias à existência de criadouros do mosquito Aedes aegypti via sensoriamento remoto**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

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

MASCARENHAS, B. M. *et al.* Estudo de anofelinos *antropofílicos peridomiciliares* da Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém, Pará. **Acta amazonica**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 453–458, 2009.

MCCABE, M. *et al.* Cubesats in Hydrology: Ultrahigh-resolution Insights into Vegetation Dynamics and Terrestrial Evaporation. **Agu Water Resources Research**, [S. l.], v. 53, p. 10-17, 2017.

MINALLAH, N *et al.* On the performance of fusion based planet-scope and Sentinel-2 data for crop classification using inception inspired deep convolutional neural network. **Plos One**, [S. l.], v. 15, n. 9, 2020.

MORETO, R. F. *et al.* Potencial das geotecnologias para monitoramento do impacto da colonização na floresta nativa na microbacia do rio Enganado, Amazônia Ocidental, Brasil. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 2, n. 7, 2021.

NAHUM, V. J. I. *et al.* **Zoneamento econômico e ambiental das ilhas do entorno de Belém**. (Cartilha). 2015

PARANHOS, A. C. F. *et al.* **Geotecnologias para aplicações ambientais**. Maringá, PR: Uniedusul, 2021.

Planet - Understanding PlanetScope Instruments. **PlanetScope imagery products are derived from three cohorts of satellites, with instrument IDs of PS2, PS2.SD, and PSB.SD**. Disponível em: <https://developers.planet.com/docs/apis/data/sensors/#the-psbsd-instrument>. 10 out. 2024.

RAMOS, M. D. *et al.* Avaliação do Uso Integrado de Imagens de Nanossatélites e Classificadores baseados em Aprendizado de Máquina para Estudos da Dinâmica Hidrológica na Região da Nhecolândia (Pantanal). **Rev. Bras. Cartogr**, [S. l.], v. 75, n. 1, 2023.

RAQEEB, A. *et al.* Assessment of land use cover changes, carbon sequestration and carbon stock in dry temperate forests of Chilas watershed, Gilgit-Baltistan. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 84, 2024.

SANTOS, J. B. G; HACON, S. S; NEVES, S. M. A. S. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e seu uso no estudo da saúde humana: uma revisão de escopo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 1115-1144, 2023.

SILVA, A. B. N; BELTRÃO, N. E. S; SANTOS, L. B. Utilizando imagens Sentinel-2 e índices espectrais para análise de severidade em áreas queimadas de origem antrópica: um estudo no sudeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 489–504, 2023.

SILVA, E. K. D.; DE ALMEIDA, A. S.; GAMA, L. H. O. M. Ilhas ameaçadas com o desflorestamento: análise da fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciencias naturais**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 203–213, 2021.

SKAKUN, S. *et al.* Assessing within-field corn and soybean yield variability from WorldView-3, Planet, Sentinel-2, and Landsat 8 satellite imagery. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 872, 2021.

SOARES, J. *et al.* Estudo da dinâmica espaço-temporal do NDVI no Município de Sorriso-MT. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 834-841, 2020.

SOUZA, M. K. G. *et al.* Mapeamento de rios em imagens RGB com aprendizagem de máquina supervisionada. **Revista tamoios**, [S. l.], v. 20, n. 1, 2024.

STAMFORD, J. D. VIALET-CHABRAND, S.; CAMERON, I.; LAWSON, T. Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health. **Plant Methods**, [S. l.], v. 30, n. 19, 2023.

STORY, M.; CONGALTON, R. G. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, [S. l.], v. 52, n. 3, p. 397-399, 1986.

VENTURIERI, A.; LOMBARDO, M. A.; LAQUES, A. E. Utilização de modelos de paisagem na caracterização da frente pioneira do município de Uruará, Amazônia Oriental, Pará. In: Lúcia GERARDI, H. O.; E LOMBARDO, M. A. (org.). **Sociedade e Natureza na visão da Geografia**. Rio Claro: AGETEO, 2004. p. 47-61.

VIEIRA, C. V; VIANA, P. A. Avaliação da acurácia de algoritmos de classificação de imagens orbitais na baía da babitonga, nordeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 3577-3591, 2021.

WEGMUELLER, S. A.; LEACH, N. R.; TOWNSEND, P. A. LOESS radiometric correction for contiguous scenes (LORACCS): Improving the consistency of radiometry in high-resolution satellite image mosaics. **International journal of applied earth observation and geoinformation: ITC journal**, [S. l.], v. 97, n. 102290, p. 102290, 2021.

XU, Y. *et al.* Bibliometric analysis of global NDVI research trends from 1985 to 2021. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 14, n. 16, 2022.