

## DINÂMICA DA EXPANSÃO URBANA NA ILHA DE OUTEIRO/PA

Arthur Gutemberg Andion Farias **MOURA**  
Mestrando em Biodiversidade e Conservação (PPGBC)  
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira/PA  
E-mail: arthurandio@gmail.com  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2218-1266>

Evandro Ferreira da **SILVA**  
Docente do Programa de Biodiversidade e Conservação (PPGBC)  
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira/PA  
E-mail: evandrofs@ufpa.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5948-6402>

José Fábio França **ORLANDA**  
Docente do Curso de Especialização em Recuperação de Áreas Degradadas  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Campus Imperatriz  
E-mail: fabio.franca@uemasul.edu.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6402-6192>

Histórico do Artigo:  
*Recebido*  
*Janeiro de 2023*  
*Aceito*  
*Abril de 2023*  
*Publicado*  
*Junho de 2023*

---

---

**Resumo:** O aprimoramento das ferramentas de monitoramento da expansão urbana sobre áreas florestais tem sido impulsionado pelos avanços na área de sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais de satélites. Dentre as técnicas mais aplicadas para o estudo sobre cobertura florestal estão os Índices de Vegetação (IV), tal como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). A ilha de Caratateua, mais popularmente conhecida como Outeiro, é uma das mais importantes do município de Belém-PA, Brasil e sede de um dos seus oito distritos administrativos. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a expansão urbana que ocorreu na ilha de Outeiro entre os anos de 1999 e 2022. Em ambiente SIG foram aplicadas técnicas de IV, segmentação e classificação supervisionada para fotointerpretar as mudanças ocorridas na cobertura da área de estudo. Foi observado que áreas de floresta nativa representavam um total de 72,54% em termos percentuais da referida

área no ano de 1999. No ano de 2022 houve uma redução desse quantitativo em 16,96%, assim a área florestal passou a representar 55,58% da superfície da ilha, em função do expressivo aumento urbano e populacional na ilha nos últimos anos. É de suma importância o monitoramento e planejamento a expansão urbana com objetivo de direcionar um desenvolvimento reduzindo impactos ambientais.

**Palavras-chave:** Bioma amazônico. Urbanização. Sensoriamento remoto. Classificação supervisionada.

## DYNAMICS OF URBAN EXPANSION IN ILHA DE OUTEIRO/PA

**Abstract:** The improvement of tools for monitoring urban expansion over forest areas has been driven by advances in the area of remote sensing and processing of digital satellite images. Among the most applied techniques for the study of forest cover are the Vegetation Indices (VI), such as the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The island of Caratateua, more popularly known as Outeiro, is one of the most important in the municipality of Belém-PA, Brazil and the seat of one of its eight administrative districts. This research aimed to analyze the urban expansion that occurred on the island of Outeiro between 1999 and 2022. In a GIS environment, IR, segmentation and supervised classification techniques were applied to photointerpret the changes that occurred in the coverage of the study area. It was observed that native forest areas represented a total of 72.54% in percentage terms of that area in 1999. In 2022 this quantity had decreased by 16.96%, so the forest area now represents 55.58% of the island's surface, due to the significant urban and population increase on the island in recent years. It is of paramount importance to monitor and plan urban expansion in order to direct development by reducing environmental impacts.

**Keywords:** Amazon biome. Urbanization. Remote sensing. Supervised classification.

## DINÁMICA DE EXPANSIÓN URBANA EN ILHA DE OUTEIRO/PA

**Resumen:** La mejora de las herramientas para monitorear la expansión urbana sobre áreas forestales ha sido impulsada por los avances en el área de teledetección y procesamiento de imágenes satelitales digitales. Entre las técnicas más aplicadas para el estudio de la cobertura forestal se encuentran los Índices de Vegetación (VI), como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada). La isla de Caratateua, más conocida popularmente como Outeiro, es una de las más importantes del municipio de Belém-PA, Brasil y sede de uno de sus ocho distritos administrativos. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la expansión urbana ocurrida en la isla de Outeiro entre 1999 y 2022. En un entorno SIG, se aplicaron técnicas de IR, segmentación y clasificación supervisada para fotointerpretar los cambios ocurridos en la cobertura del área de estudio. Se observó que las áreas de bosque nativo representaban un total del 72,54% en términos porcentuales de esa superficie en 1999. En el 2022 hubo una reducción de esta cantidad en un 16,96%, por lo que la superficie forestal ahora representa el 55,58% de la superficie de la isla, debido al importante incremento urbanístico y demográfico de la isla en los últimos años. Es de suma importancia monitorear y planificar la expansión urbana para dirigir el desarrollo reduciendo los impactos ambientales.

**Palabras clave:** Amazon biome. Urbanización. Detección remota. Clasificación supervisada.

## INTRODUÇÃO

Com o acelerado crescimento da urbanização após a Revolução Industrial é visível e recorrente o aumento do consumo dos recursos naturais para suprir as demandas do crescimento populacional contínuo (CECAGNO et al., 2020). A aquisição de informações mais detalhadas e confiáveis sobre o espaço geográfico é de grande importância para as ações de planejamento ambiental, gestão, ordenamento territorial e análise das mudanças ocorridas na paisagem de uma determinada região (PACHECO, 2021).

A transformação de área de floresta para área destinada ao uso urbano tem produzido, ao longo do tempo, reflexões sobre a função da urbanização nos processos de conversão florestal (RIBEIRO et al., 2019). O processo de fragmentação da cobertura vegetal fez com que as áreas urbanas tivessem seu entorno fragilizado, visto que a retirada desordenada da vegetação diminuiu a manutenção da biodiversidade, degradando florestas e levando a perda de benefícios socioambientais, como o conforto térmico proporcionado pelas árvores, com destaque para a oferta e disponibilidade de água, à formação do solo, à produção de madeira, fibras, fármacos e alimentos, além da função de informação e bem-estar (TAVARES et al., 2019; PEREIRA, 2021; ZAKRZEVSKI et al., 2020 ).

O geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de técnicas e ferramentas que permitem a coleta, armazenamento, processamento, análise e representação de dados espaciais (CÂMARA et al., 2010). Arelado ao geoprocessamento, tem-se o sensoriamento remoto, que pode ser descrito como a obtenção de dados amostragem distância por meio de um sensor, o produto gerado é representado por valores numéricos, podendo gerar imagens (BEZERRA et al., 2021). Sendo uma técnica eficiente para avaliação do crescimento urbano, devido à possibilidade de se obter imagens de extensas áreas da superfície terrestre, o que permite a definição dos limites e monitoramento urbano (SILVA et al., 2021; ARAÚJO, 2016).

Nesse contexto, destaca-se o uso das imagens de satélite, que além de apresentar um excelente resultado no processo de monitoramento das cidades, traz a vantagem de ser uma ferramenta de baixo custo (SILVA; FARIA FILHO, 2019). A constelação de satélites Landsat fornece imagens de observação da Terra desde 1972, sendo um parâmetro para a área de sensoriamento remoto (PEREIRA, 2021). Outra constelação importante é a dos satélites Dove com imagens multiespectrais, pertencentes a empresa Planet que capturam diariamente imagens com resolução espacial de 3-4 m (SARAIVA et al., 2019).

Os índices de vegetação permitem a combinação das imagens no comprimento de onda do vermelho e do infravermelho próximo, e assim deduzir informações a respeito do estado da vegetação e outros elementos da paisagem (BERTUCINI; CENTENO, 2017). Os

índices de vegetação são calculados por meio de operações matemáticas entre bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo, devido ao comportamento oposto da reflexão da vegetação nessas faixas espectrais, sendo utilizados para analisar as características espectrais da vegetação (FRANCISCO et al., 2020). Segundo Barni et al. (2021), vários índices espectrais foram desenvolvidos ou adaptados para melhorar o mapeamento de áreas que sofreram ações antrópicas, sendo o principal deles o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

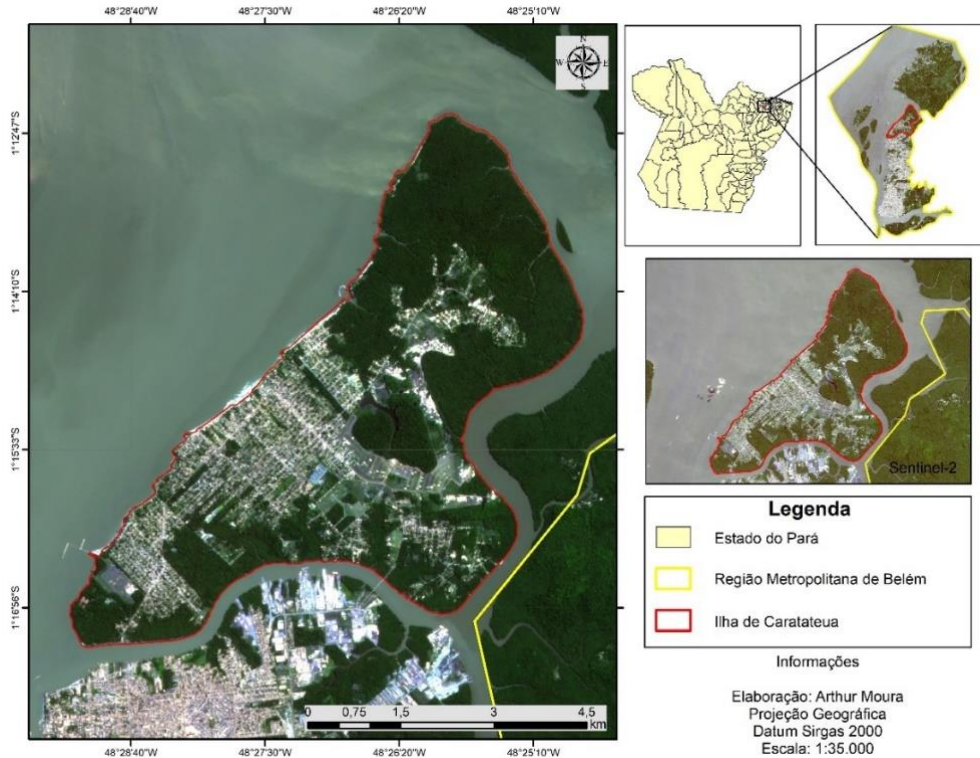
Ante o exposto e com base nestas informações a presente pesquisa visa avaliar a dinâmica da expansão urbana na ilha de Outeiro, por meio do NDVI e Classificação Supervisionada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A ilha de Caratateua, mais popularmente conhecida como ilha de Outeiro, é uma das mais importantes do município de Belém-PA e sede de um dos seus oito distritos administrativos. Localizada a aproximadamente 25 quilômetros ao norte do centro da capital (Belém), é ligada ao continente pela ponte Governador Enéas Martins Pinheiro (BITENCOURT, 2016). Situado entre as latitudes 1° 12' W e 1° 17'S e entre as longitudes de 48°25' e 48°29' W GR, compondo a região nordeste do Estado do Pará (Figura 1). Sua forma lembra uma taça, com a maior largura (10 km) voltada para a baía de Santo Antônio e a menor (6 km) bordejado pelo furo do Maguari, tendo esta ligação com as baías do Guajará e de Santo Antônio (PIMENTEL et al., 2012).

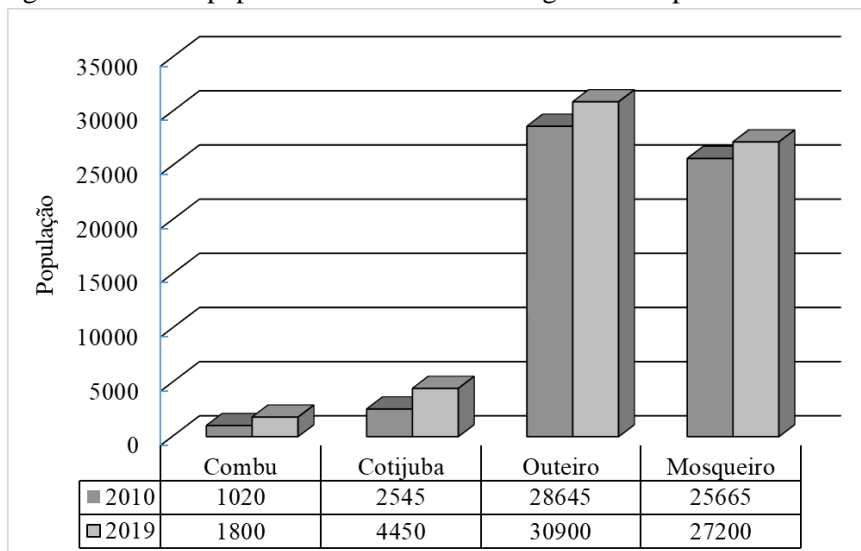
Figura 1 – Mapa de Localização de Outeiro



Fonte: Autor (2022).

A ilha de Outeiro apresenta o maior índice populacional se comparado com as outras ilhas de Belém/PA (Figura 2), além disso a conexão por pontes possibilitou expansão urbana da cidade de Belém para as ilhas, onde se tornaram regiões insulares com dados populacionais expressivos (QUARESMA; SZLAFSZTEIN, 2020).

Figura 2 – Índice populacional das ilhas da Região Metropolitana de Belém



Fonte: Adaptado de Quaresma e Szlafsztain (2020).

Historicamente, até o final do século XIX, as ilhas das redondezas de Belém eram, unicamente, espaços rurais onde se realizava o extrativismo e alguma produção de subsistência. A ilha de Outeiro se destaca, economicamente, pela forte influência da agroecologia e extrativismo do fruto do açaí, com circuito produtivo curto, que favorece a permanência dos recursos na ilha, como também de um forte apelo turístico (OLIVEIRA; SILVA, 2021).

### Base de dados

As imagens Landsat-5 foram obtidas de forma gratuita na plataforma GloVis (*Global Visualization Viewer*) do *United States Geological Survey (USGS)* da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Para o ano de 1999, utilizou-se imagens do LandSat-5 (30m de resolução espacial) e referente ao ano de 2022 usou-se uma imagem do Planet (5m de resolução espacial). As imagens foram escolhidas com base na melhor resolução para os anos de estudo do trabalho, levando em consideração também, que ambas foram adquiridas de forma gratuita, as imagens foram projetadas em coordenadas geográficas datum SIRGAS2000. As órbitas pontos usadas, no trabalho, foram 223/068 (LandSat-5) e 748-1017 (Planet). A Tabela 1 descreve as informações de cada tipo de imagem utilizada.

Tabela 1 – Descrição das imagens utilizadas no presente trabalho

Ano	Satélite	Sensor	Bandas	Data da Imagem
1999	LandSat-5	<i>Thematic Mapper (TM)</i>	B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7	21/07/1999
2022	Planet	DOVE	B1, B2, B3, B4	11/09/2022

Fonte: Autor (2022).

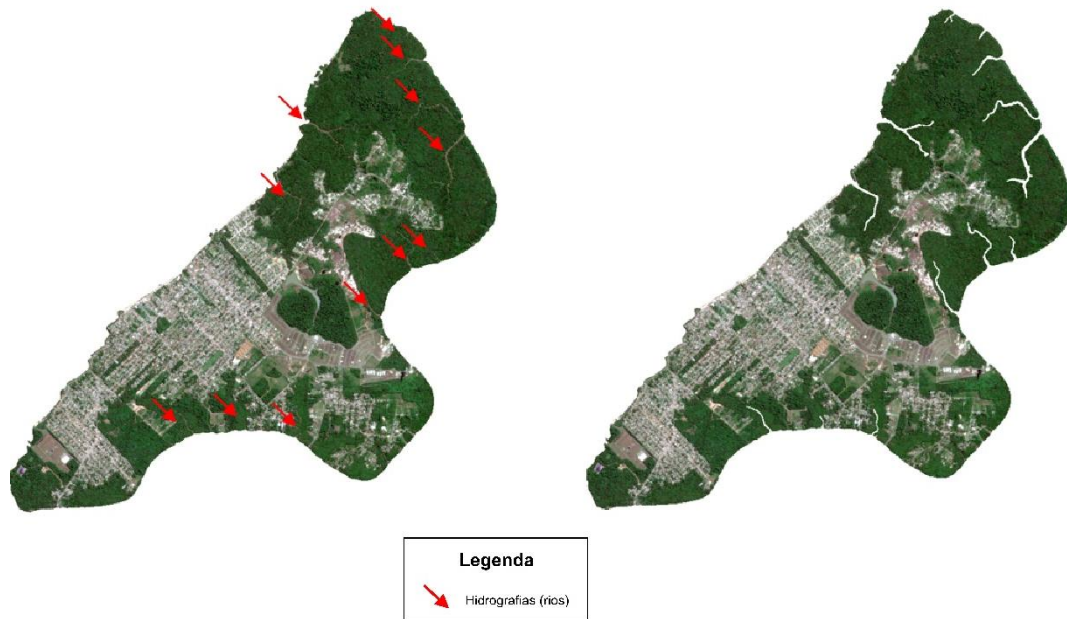
### Procedimentos Metodológicos

#### Pré-Processamento e Cálculo do Índice de Vegetação

Segundo Novo (2010) a maior consequência da atmosfera sobre as imagens é a diminuição do contraste da imagem, que dificulta a diferenciação de pequenos objetos e, também, sua identificação na imagem. Neste trabalho, portanto, será abordado o método empírico de Subtração de Objetos Escuros (DOS, sigla em inglês *Dark Object Subtraction*), que é um método de correção atmosférica. Esse método assume que em qualquer imagem há uma grande probabilidade de existir alguns pixels completamente escuros, ou seja, com zero valor de reflectância. Este processo de correção também é muito importante para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais em virtude da influência do espalhamento atmosférico (MACHADO, 2020).

A correção atmosférica das imagens TM/Landsat-5 foi processada aplicando o processo DOS, dentro do programa QGIS 3.10.4 com auxílio da ferramenta *Preprocessing* do plugin *Semi-Automatic Classification*. As imagens planet não precisam passar por esse tipo de correção, por isso esta etapa não se aplica. Após o pré-processamento das imagens, através da ferramenta *clip*, extraiu-se somente a área da ilha de Outeiro e sem as hidrografias (apontadas de vermelho na Figura 3), uma vez que o objetivo do artigo não envolve cálculo de áreas hidrográficas.

Figura 3 – Recorte da Hidrografia da Ilha de Outeiro



Fonte: Autor (2022).

O NDVI, um dos índices de vegetação pioneiros, é amplamente utilizado e tem sido explorado em diferentes abordagens, como o uso e ocupação da terra, estudos agrícolas, monitoramentos florestais e climáticos. O NDVI tem uma escala que varia de -1 a 1 e está intimamente ligado ao estado de saúde da vegetação, onde valores mais elevados indicam vegetação mais saudável. Valores próximos a 0 indicam solo sem vegetação ou áreas urbanas, enquanto valores negativos indicam a presença de água e valores próximos a 1, áreas com vegetação (MACHADO, 2020; GUEDES; SILVA, 2018).

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é calculado usando a seguinte equação I:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (\text{I})$$

onde:

- NIR corresponde a banda do infravermelho próximo
- RED a banda do vermelho visível

Para a elaboração do NDVI utilizou-se a Tabela 2 como base de referência.

Tabela 2 – Bandas utilizadas na elaboração do NDVI

Satélite	Banda do Vermelho Visível (RED)	Banda do Infravermelho Próximo (NIR)
Landsat-5	Banda 3	Banda 4
Planet	Banda 3	Banda 4

Fonte: Autor (2022).

### Segmentação, Coleta das Amostras e Classificação Supervisionada

As classes definidas para a classificação foram floresta densa, floresta secundária e solo sem vegetação, sendo a classe de floresta densa em verde escuro, vegetação secundária em verde claro indicando vegetações rasteiras e plantações e solo sem vegetação em rosa claro referente a zona urbana, habitação rural, estradas e atividades mineradoras. Como forma de representação visual, a Figura 4 mostra as classes em uma imagem de satélite do tipo Landsat.

Figura 4 – Classes estudadas nesta pesquisa



Fonte: Autor (2022).

A segmentação de imagem é uma técnica de agrupamento de dados na qual apenas regiões espacialmente contíguas podem ser agrupadas (VIDAL et al., 2018). Essa técnica tem sido amplamente utilizada nos procedimentos de classificação de imagens de satélite (PEREIRA et al., 2018). Essa abordagem produz representações do comportamento médio das classes a serem mapeadas automaticamente, tornando crucial a homogeneidade das amostras de treinamento (MOURA et al., 2021).

Após a definição das classes, a segmentação foi aplicada ao NDVI com o objetivo de

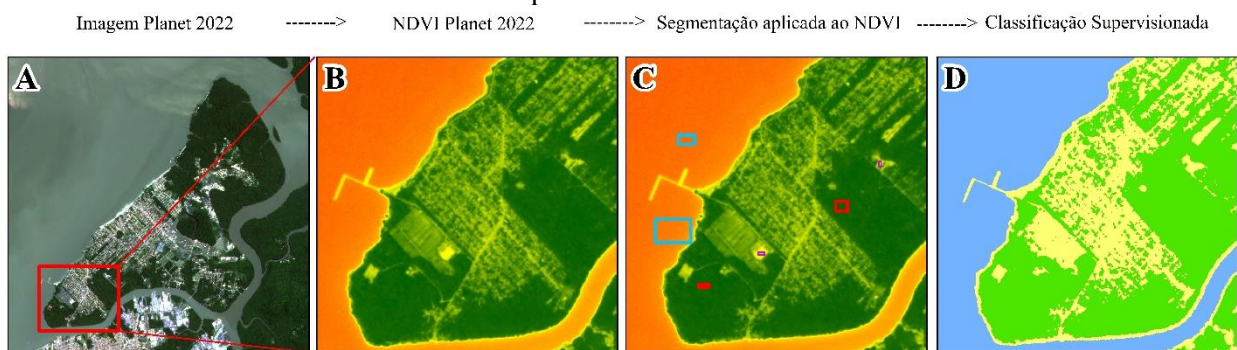


colher amostras nas variações dos resultados das técnicas calculadas que serão inseridas no processo de classificação, sendo utilizadas as imagens de satélite na composição de cor verdadeira para validar as amostras na área de floresta densa, vegetação secundária e solo sem vegetação.

O método de classificação supervisionada é empregado quando se tem conhecimento prévio das áreas de interesse, o que permite a seleção confiável de amostras de treinamento por meio da fotointerpretação manual, utilizando técnicas como a segmentação (LAGE, 2021). Nessa metodologia, os algoritmos de classificação recebem previamente informações sobre as áreas para extrair as características e, posteriormente, é aplicado o método de classificação supervisionada utilizando o algoritmo da máxima verossimilhança por meio do Plugin Maximum Likelihood Classification (LILLESAND; KIEFER, 1994). Esse classificador funciona ao calcular 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 área de interesse (CURRAN, 1985).

Essa técnica será empregada no NDVI, a Figura 5 representa a esquematização de como foi empregada a segmentação e a classificação supervisionada, na figura C, a segmentação é criada com polígonos cuja a área de interesse são semelhantes, nesta imagem se utilizou 3 classes, azul claro, vermelho e roxo, representando água, floresta e solo exposto respectivamente. A imagem D, é a classificação supervisionada, após empregar a segmentação.

Figura 5 – Esquematização de criação de polígonos de interesse (segmentação) e classificação supervisionada.



Fonte: Autor (2022).

### Validação da Acurácia

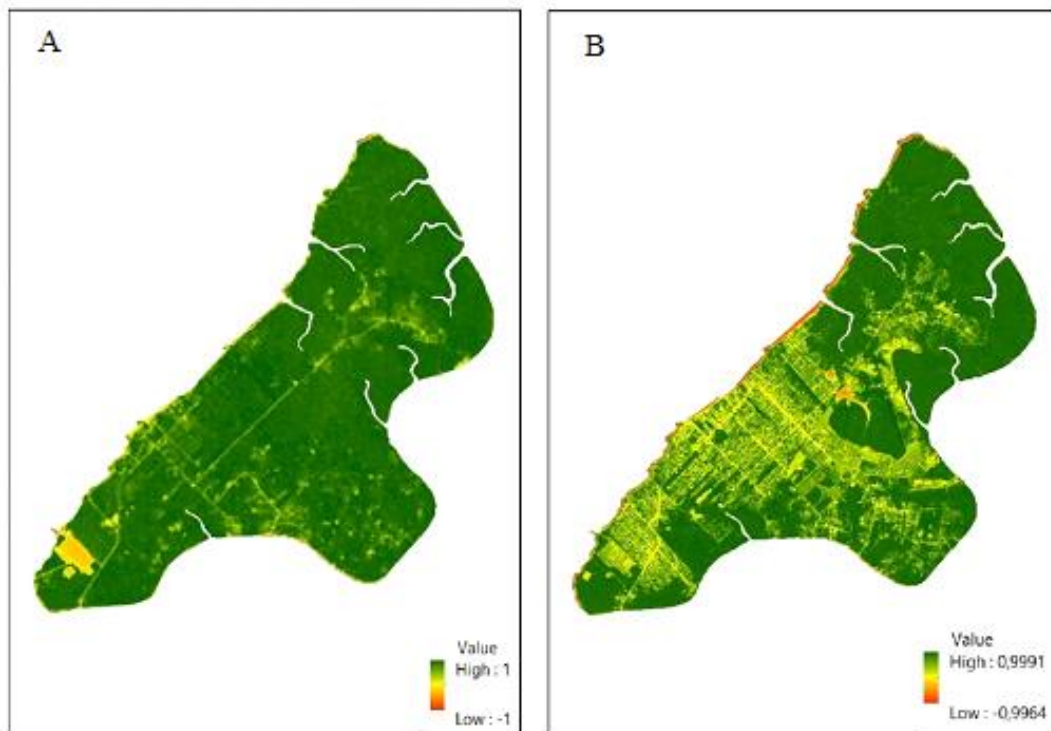
O processamento da acurácia foi executado pela extensão AcATaMa disponível no Qgis, essa extensão permite computar o cálculo de matriz confusão com base nas classes

selecionadas pelo usuário. As etapas utilizadas nesse plugin se iniciam selecionando a imagem ou área no qual seriam analisados os padrões de acurácia. No caso do presente estudo, utilizou-se o resultado do NDVI para a área e uma imagem de composição colorida do satélite LandSat-5 e Planet, para os anos de 1999 e 2022 respectivamente. Para validação, será adotado o índice Kappa, que é uma medida de concordância usada com frequência. Essa medida, é definida como a proporção de concordância observada não decorrente do acaso, em relação à máxima concordância não devida ao acaso (CORREIA et al., 2007). Valores encontrados para Kappa variam de -1 a +1, onde, quase perfeita (> 80%), substancial (entre 60% e 80%), moderada (entre 40% e 60%), fraca (entre 20% e 40%), quase nenhuma (< 20%) (SZKLO; NIETO, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O NDVI foi processado utilizando a ferramenta *Raster Calculator*, e com base no resultado para a ilha de Outeiro obteve-se valores de NDVI variando a cada ano do estudo. O ano de 1999 o resultado do NDVI foi de -1 a 1, e para o ano de 2022, -0,9964 a 0,9991, como é representado na Figura 6, levando em consideração que valores mais próximos de 1 indicam regiões com florestas mais densas e valores mais próximos a -1, áreas sem vegetação.

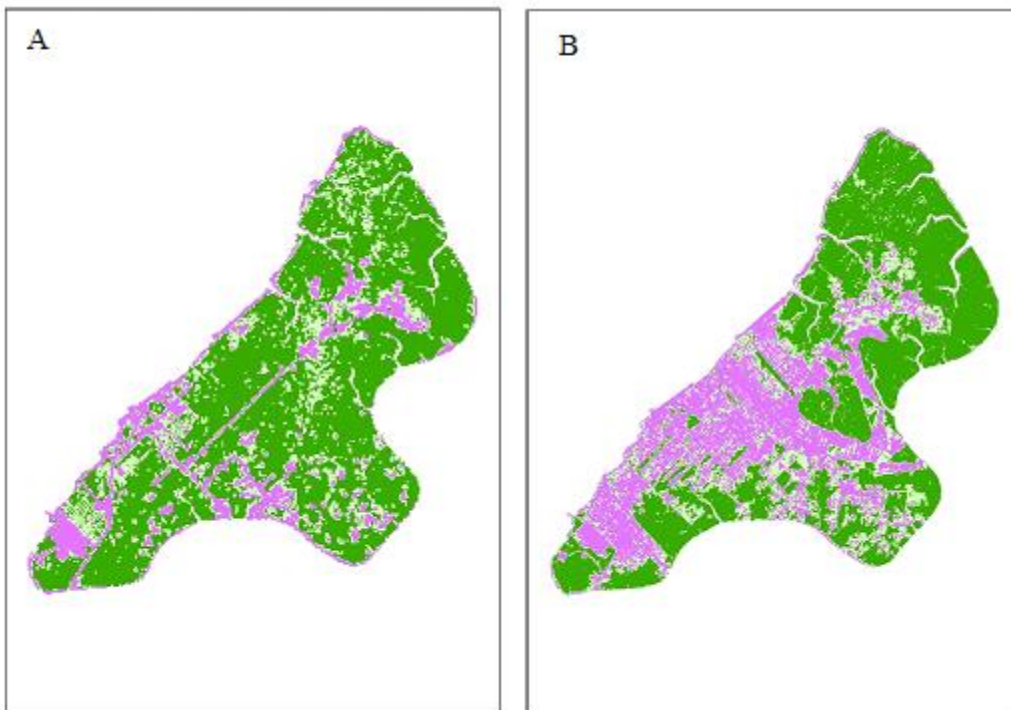
Figura 6 – NDVI de 1999 (A) e 2022 (B)



Fonte: Autor (2022).

Para a etapa da classificação supervisionada a segmentação que foram aplicadas ao resultado do NDVI, serviu como auxílio para detectar regiões espectrais semelhantes. Essas regiões posteriormente foram agrupadas e assim foi gerada a classificação supervisionada de três classes da ilha de Outeiro (Figura 7). Os valores encontrados para precisão geral e índice Kappa aplicados a classificação supervisionada foram, respectivamente, 86% e 0,84 para 1999 e 93% e 0,91 para 2022, o que considera a qualidade da classificação como excelente, conforme Mastella e Vieira (2018). Os resultados da classificação supervisionada das imagens para o período de 1999 e 2022 podem ser verificados na Figura 7, onde cada classe é representada pelas cores verde escuro, verde claro e rosa, associadas a classe de floresta densa, vegetação rasteira e solo sem vegetação, respectivamente.

Figura 7 – Classificação Supervisionada aplicada ao NDVI na Ilha de Outeiro



Fonte: Autor (2022).

Na Tabela 3, observa-se a quantificação e o percentual das classes (floresta densa, vegetação secundária e solo sem vegetação) na área de estudo, conforme a classificação utilizada. A ilha de Outeiro apresentou ao longo de 23 anos algumas mudanças no uso e cobertura da terra, desde à vegetação densa até áreas de exposto/área urbanizada.

Tabela 3 – Quantificação das classes do uso e ocupação da terra na ilha de Outeiro nos anos de 1999 e 2022

Classe	1999		2022	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Floresta densa	2.248,99	72,54	1.726,31	55,58
Vegetação rasteira	518,08	16,71	653,54	21,04
Solo sem vegetação	333,62	10,75	726,52	23,38
Total	3.100,69	100	3106,37	100

Fonte: Autor (2021).

Na Tabela 3 observa-se que a classe de floresta, em 1999, representava um total 2.248,99 ha, o que correspondia a 72,54% da área total da ilha. Em 2022, houve uma redução desse quantitativo e neste ano áreas de floresta densa totalizavam 1.726,31 ha, ou seja, 55,58% da superfície da ilha de Outeiro, indicando uma redução de 16,96%. Essa redução de áreas florestais acabou dando origem a áreas residenciais, como aponta Vasconcelos e Amaral (2021), que dentre os anos de 2010 a 2011, com a construção do condomínio Alphaville, a Ilha de Outeiro é inserida em um circuito da produção de “condomínios exclusivos” de alto padrão de segurança. Além disso, a política habitacional do governo federal, por meio de programas como o Minha Casa Minha Vida, também tem tido impacto significativo na expansão urbana da ilha, conforme apontado por Costa et al. (2018). A rápida urbanização e a expansão de centros urbanos, a grande concentração de pessoas nas cidades e o elevado consumo de bens materiais são responsáveis por parte das alterações e impactos no meio ambiente (FERREIRA; SANTOS, 2022). A perda na camada florestal, acaba impactando de forma negativa ao ponto de ocasionar alguns problemas ambientais e sociais.

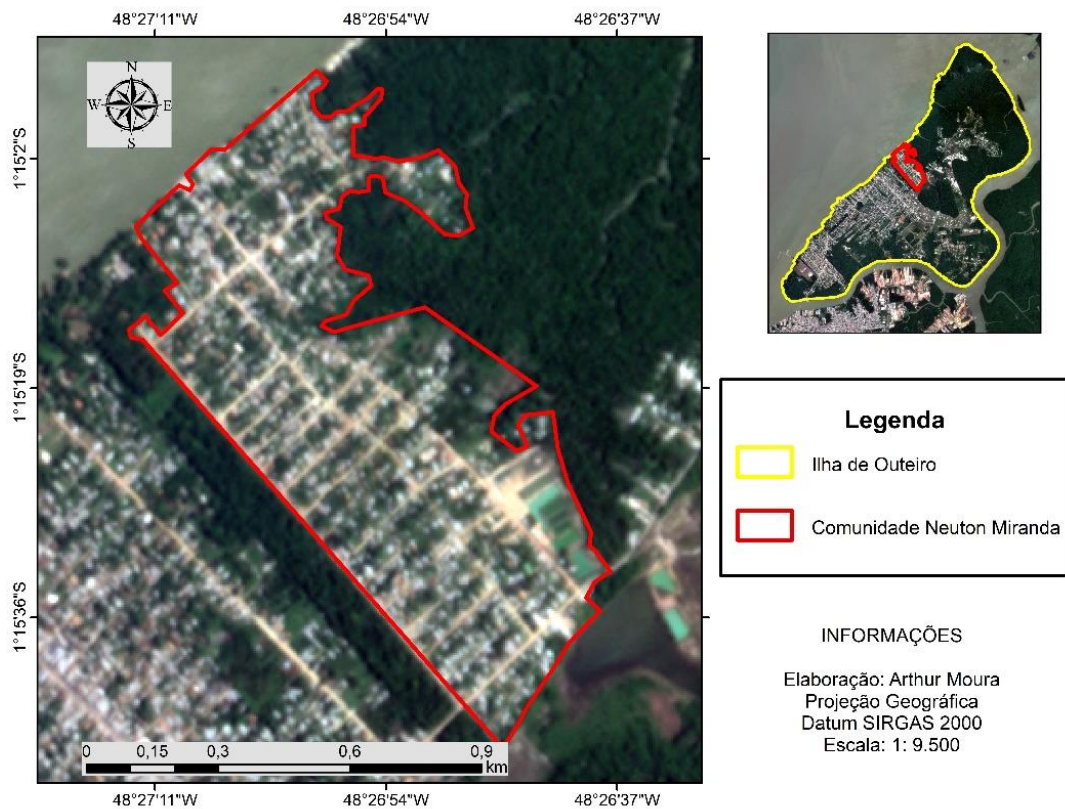
Segundo Nogueira et al. (2014), com o desmatamento causado na ilha a população local tem notado que está ocorrendo o afugentamento da fauna e citam como exemplo algumas espécies que habitavam certas áreas, anteriormente, e que não são mais vistas em certos locais, tendo migrado para outros habitats da ilha.

Com a ajuda de imagens de satélites foi possível visualizar a mudança na dinâmica da ilha, sendo que a partir da integração a região metropolitana da cidade de Belém com a construção da ponte Enéas Pinheiro, em 1986 e, em consequência disso, houve um crescimento na ocupação desordenada nas décadas de 1990 e 2000, não acompanhado de políticas públicas, equipamentos e infraestruturas urbanas (QUARESMA; SZLAFSZTEIN, 2020). De acordo com Barbosa et al. (2012), a expansão urbana na ilha de Outeiro ocorreu em locais antes utilizados para extração mineração e atividades agrícolas. Na Tabela 3 foi possível visualizar que áreas sem vegetação aumentaram 12,63% durante esse período do

estudo, em que a ausência de planejamento para ocupação destes locais, ocasionou problemas sociais e ambientais.

Outro ponto salutar de ser discutido é a comunidade Neuton Miranda localizada à noroeste da ilha (Figura 8) que, de acordo com Vasconcelos e Amaral (2021), teve sua ocupação a partir do dia 13 de junho de 2011, resultando em áreas urbanizadas e de solo exposto.

Figura 8 – Comunidade Neuton Miranda (PA)



Fonte: Autor (2022).

Este crescimento desordenado está ligado a uma falta de uma gestão ambiental e urbanística na ilha, o que resulta no aumento desordenado na área urbana e gera impactos ambientais por meio do uso dos recursos naturais e do solo. A redução de áreas verdes urbanas configura uma potencialmente ameaça para os cidadãos vulneráveis a doenças associadas ao calor, especialmente, considerando as mudanças climáticas e as previsões de aquecimento global (SOUTO; COHEN, 2021).

Levando em consideração os serviços ecossistêmicos fornecidos pelas florestas em torno de áreas urbanas um estudo realizado por Costemalle et al. (2023), exemplifica que quanto maior a cobertura das árvores, maior a capacidade de remoção da poluição do ar,

porquanto ajudam na redução da temperatura do ar, o que por si só pode levar a reduções nas emissões de várias fontes antrópicas. As áreas verdes são apontadas como um bioindicador na avaliação da qualidade ambiental urbana. Quando essas áreas não existem ou não são efetivadas no ambiente urbano influenciam na qualidade dele (ARANA et al., 2020). Ainda em relação aos benefícios da camada florestal Lima et al. (2019), afirma que a manutenção da cobertura vegetal é necessária também para a diminuição da poluição, a proteção de nascentes e mananciais, o melhoramento do microclima urbano e a manutenção da biodiversidade. Ou seja, planejar as atividades levando o foco na capacidade do uso da terra mostra-se de suma importância quando se objetiva o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente (LIMA; NUNES, 2020).

## CONCLUSÃO

Observa-se que no período de 23 anos analisando a evolução das atividades antrópicas evidenciou-se uma forte mudança na paisagem na ilha de Outeiro. A identificação, por meio de uma análise multitemporal permitiu visualizar as mudanças no espaço durante o tempo desse estudo.

Uma das principais mudanças constatadas, aconteceu na classe de floresta densa, que em 1999 apresentou naquele ano, 2.248,99 ha da área ocupada pela ilha, considerando esta classe predominante naquele ano, e em 2022, a mesma classe passou a ocupar uma área de 1.726,31 ha, caracterizando uma supressão vegetal e atentando ao crescimento da classe de solo exposto. A ilha passou por um processo intenso de urbanização como pode ser observado no trabalho, o que levou a alguns problemas como solo exposto, redução de áreas florestadas e aumento da temperatura em áreas urbanas.

Em relação a análise da cobertura da área de estudo, a perda da camada florestal, para dar espaço a áreas urbanas representa um problema tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente. Nesse contexto, a utilização de geotecnologias para mapear e quantificar se as áreas ampliam ou reduzem, se mostra de grande valia, tendo em vista que auxilia na visualização, na manipulação de dados e na criação de mapas

## REFERÊNCIAS

ARANA, A. R. A.; SIQUEIRA, C. A.; ULIANA, M. R.; RODRIGUES, M. V. P.; CAMARA, Y. B.; NOGUEIRA, Z. R. Meio ambiente e saúde mental: os benefícios das áreas verdes urbanas. *In: BRUNHEROTTI, M. F. A.; BORGES, M. C.; OLIVEIRA, C. F. Promoção da saúde em resposta à sociedade contemporânea*. São Paulo: Ribeirão Gráfica Editora, p. 67-84, 2020.

ARAÚJO, S. A. **Estimação e modelagem preditiva de recursos hídricos, usando sequencias de**

**dados de sensoriamento remoto, obtidos em tempo de lapso.** 2016. 63p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.

BARNI, P. E.; REGO, A. C. M.; SILVA, F. DAS C. F.; LOPES, R. A. S.; XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M. Logging Amazon forest increased the severity and spread of fires during the 2015–2016 El Niño. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 500, n. 1, p. 1-15, 2021.

BERTUCINI, J. J. J.; CENTENO, J. A. S. Detecção de alterações em alvos agrícolas e florestais empregando índices de vegetação em uma série multitemporal de imagens LANDSAT. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 69, n. 6, p. 1009-1018, 2017.

BEZERRA, M.V. F.; ENCINA, C. C. C., FIGUEIREDO, H. R.; DALMAS, F. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Análise da cobertura vegetal de uma unidade de conservação do Pantanal de Mato Grosso do Sul, a partir da aplicação de sensoriamento remoto. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 9, p. 1-12, 2021.

BITENCOURT, H. R. Ilha de outeiro: memórias e ressignificações. **Revista Terceira Margem Amazônia**, Belém, v. 2, n. 7, p. 167-185. 2016.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. T. **Geoprocessamento: teoria e aplicações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 17p.

CECAGNO, C. F.; PESSÔA, V. M. M.; CAMARGO, D. M. DE; MARQUES, M. L. Sustentabilidade do desenvolvimento urbano de Campinas-SP: uma abordagem multicritério. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 1-18, 2020.

CORREIA, V. R. DE M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S. WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 5, p. 1015-1028, 2007.

COSTA, L. M. S.; SILVA, A. C. A.; SILVA, J. M.; VASCONCELOS, S. S. Expansão urbana e produção do espaço em Outeiro-PA. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, v. 2, n. 62, p. 1-19, 2018.

COSTEMALLE, V. B.; CANDIDO, H. M. N.; CARVALHO, F. A. An estimation of ecosystem services provided by urban and peri-urban forests: a case study in Juiz de Fora, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 4, p. 1-9, 2023.

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

FERREIRA, M. C. DE S.; SANTOS, A. V. F. DOS. **Geoprocessamento no planejamento urbano para identificação e mapeamento de pontos críticos de despejos irregulares de lixo domiciliar e resíduos sólidos, Ilha de Caratateua, Outeiro.** 2022. 15p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geociências) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

FRANCISCO, C.; RUIZ, P.; ALMEIDA, C. M. DE; GRUBER, N. C.; ANJOS, C. S. DOS. Análise do impacto da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação por diferença normalizada a partir de imagem Landsat 8/OLI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 1, p. 76-86, 2020.

GUEDES, J.; SILVA, S. M. P. DA. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: princípios físicos, sensores e métodos. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 12, n. 29, p. 127-144, 2018.

LAGE, M. DE O. **Identificação e classificação de áreas urbanas propícias à existência de criadouros do mosquito *Aedes aegypti* via sensoriamento remoto.** 2021, 172p. 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.

LIMA, C. A. DE; NUNES, F. P. Conflitos no uso do solo e sua relação com a conservação ambiental: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 691-705, 2020.

LIMA, S. M. S. A.; LOPES, W. G.; FAÇANHA, A. C. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2019.

MACHADO, A. M. B. Comparação de Imagens OLI/LANDSAT-8 e MSI/SENTINEL-2 no mapeamento de uso e cobertura da terra na ilha do Maranhão. **Revista Equador**, Teresina, v. 9, n. 3, p. 209-232, 2020.

MASTELLA, A. F. M.; VIEIRA, C. A. O. Acurácia temática para classificação de imagens utilizando abordagens por pixel e por objetos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 70, n. 5, p. 1618-1643, 2018.

MOURA, A. G. A. F.; NEGRÃO, A. G.; SILVA, J. C. DA; SANTANA, J. R.; FERREIRA, T. R. Z.; COSTA, W. S. L. DA. Geoprocessamento: utilização da técnica de classificação supervisionada para cálculo de remanescente florestal. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 5, p. 51722–51737, 2021.

NOGUEIRA, D. P.; SILVA, D. DA F.; PEREIRA, S. DE F. P.; MARQUES, T. R.; BRITO, J. B.; SILVA, C. S., SANTOS. K. C. F. DOS; SANTOS, K. C. F. DOS; MELO, S. DE S. C. Impactos socioambientais de grande empreendimento imobiliário próximo às comunidades carentes na ilha de Caratateua-Belém-PA-Brasil. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION. 13., 2014, Guimarães, **Anais [...]**. Guimarães: COPEC, 19 de mar., 6p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, R. D. DE; SILVA, J. A. L. DA. Associativism and extensionism: a proposal for ecotourism and reproduction of productive backyards Caratateua island, Belém–PA. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 17, n. 2, p. 24-38, 2021.

PACHECO, D. G. Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019. **Cerrados**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 303-322, 2021.

PEREIRA, L. F; GUIMARÃES, R. M. F; OLIVEIRA, R. R. O. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2018.

PEREIRA, M. **Contribuição dos serviços ecossistêmicos das florestas urbanas na mitigação às mudanças climáticas: um estudo de caso na cidade de Santos - Brasil**. 2021. 80p. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental Integrada) - Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2021.

PEREIRA, G. H. A. **Deteção de incêndios em imagens de sensoriamento remoto: um estudo integrando os satélites landsat-8, sentinel-2 e inteligência artificial**. 2021. 113p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

PIMENTEL, M A. DA S.; OLIVEIRA, I. DA S.; RODRIGUES, J. C. M. Dinâmica da paisagem e risco ambiental na ilha de Caratateua, distrito de Belém-PA. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 624-633, 2012.

QUARESMA, A. M; SZLAFSZTEIN, C. F. Análise multicritério para determinação do isolamento geográfico em ilhas do município de Belém-PA. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 8, n. 16, p. 50-78, 2020.

RIBEIRO, R. M.; AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V.; DAL'ASTA, A. P. Os processos de urbanização e conversão florestal na Amazônia paraense – um estudo multiescalar. **Revista Brasileira**



**de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 3, p. 1-30, 2019.

SARAIVA, M.; SILVA, D.; CORTINHAS, L.; DUVERGER, S. G.; SIQUEIRA, J. V.; SOUZA JÚNIOR, C. Construção de mosaicos temporais normalizados de imagens planet. *In: PROCEEDINGS OF THE XIX BRAZILIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING*. 19., 2019, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: SBSR, 17 de abr., 6p.

SILVA, J. E. DA; CRISPIM, A. M. C.; SILVA, J. B. DA. Dinâmica espaço-temporal da expansão urbana brasileira a partir do uso de sensoriamento remoto – uma revisão. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 12, p. 1-13, 2021.

SILVA, J. M. P. DA; SILVA, C. N. DA; CHAGAS, C, A, N.; ILVA BARBOSA, E. J. DA S. **Percursos geográficos: pesquisa e extensão no Distrito de Outeiro, Belém-Pará (2008-2011)**. *In: BARBOSA, E. J. DA S; SANTO, C. M. DO E.; SANTOS, V. C.; BRAGA, R. DA C.; MORAES, S. F. Produção e apropriação da natureza na ilha de Caratateua, Belém (PA)*. Belém: GAPTA/UFPA, 2012. 114-142.

SILVA, J. S.; FARIA FILHO, M. S. Expansão urbana e impactos ambientais na zona costeira norte do município de São Luís (MA). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 07-24, 2019.

SOUTO, J. I. DE O.; COHEN, J. C. P. Spatiotemporal variability of urban heat island: Influence of urbanization on seasonal pattern of land surface temperature in the Metropolitan Region of Belém, Brazil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 1-17, 2021.

SZKLO, M; NIETO, F. J. **Epidemiology: beyond the basics**. 3. ed. Burlington: Jones & Bartlett Publishers, 2014.

TAVARES, A. C. F.; VERÇOSA, J. P. DOS S.; GALDINO, L.; SILVA, C. F. L.; MASSAHUD, R. T. LA R.; COLA, R. E. Geoprocessamento aplicado à detecção de desmatamento em área de risco geológico no localizada no Bairro Mutange, Maceió/AL. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio largo, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2019.

VASCONCELOS, A. F. S.; AMARAL, M. D. B. A produção do espaço urbano na Ilha de Caratateua, Belém-PA: conflitualidades, conjuntura habitacional e transformações recentes. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 2, p. 19140-19159, 2021.

VIDAL, B. S.; NETO, J. C. A. S; ALEIXO, N. C. R. Análise temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Rodovia BR-174: entre Manaus - AM e Presidente Figueiredo - AM. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 14, n. 3, p. 64-78, 2018.

ZAKRZEWSKI, S. B. B.; VARGAS, C. V.; DECIAN, V. S. Percepções de agricultores do Norte do Rio Grande do Sul sobre os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 9, n. 5, p. 1-27, 2020.