

Estimativa e implicação do déficit da cobertura florestal na ilha de Caratateua na Amazonia paraense por técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto

Estimation and implications of the forest cover deficit on Caratateua island in the paraense Amazon using geoprocessing and remote sensing techniques

Estimación e implicaciones del déficit de cobertura forestal en la isla de Caratateua, en la Amazonia Pará, utilizando técnicas de geoprocesamiento y teledetección

DOI: 10.54033/cadpedv21n8-014

Originals received: 06/28/2024

Acceptance for publication: 07/19/2024

Artur Vinícius Ferreira dos Santos

Doutor em Agronomia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: artur.santos@ufpa.br

Douglas Portal de Souza

Tecnólogo em Meio Ambiente

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: douglas.souza@ananindeua.ufpa.br

Marcelo Augusto Machado Vasconcelos

Doutor em Ciências Agrárias

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: vasconcelos@ufpa.br

Paulo Alves de Melo

Doutor em Geografia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: paulomelo@ufpa.br

Rodrigo Souza Soares

Graduado em Letras

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: rodrigao103@yahoo.com.br

Paulo Celso Santiago Bittencourt

Doutor em Ciências Agrárias

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: paulocsb@ufpa.br

Kellem Cristina Prestes Melo

Mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: kellemmelo@ufpa.br

Romulo Luiz Oliveira da Silva

Doutor em Ciência Computacional

Instituição: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Endereço: Ananindeua, Pará, Brasil

E-mail: romulolo51@gmail.com

RESUMO

A importância da cobertura florestal é imprescindível para a sobrevivência de várias espécies, seja da fauna ou da Flora, e até humana, que podem e causam grandes impactos ambientais e climáticos. O crescimento desordenado da população sem o mínimo de planejamento ambiental causa degradação do solo, fazendo com que os recursos naturais e a preservação dos ecossistemas sejam prejudicados. Os métodos utilizados na pesquisa são feitos através de observações feitas por satélites, mesclagens de bandas espectrais para fazer a análise da cobertura do solo entre os anos de 1986 – 2023. Os resultados obtidos da pesquisa nos mostram como o crescimento populacional e desenfreado causa perda florestal, degrada o solo e, com essa perda verde, problemas relacionados ao clima, como o aumento da temperatura, empobrecimento do solo e perda de recursos hídricos, se relacionam, fazendo com que a população local tenha dificuldade. Entende-se que precisa de uma intervenção de órgãos capacitados para lidar com os problemas e transmitir conhecimento para essa população.

Palavras-chave: Sensoriamento. Análise. Cobertura do Solo. Florestal. Antropoziação. Política.

ABSTRACT

The importance of forest cover is essential for the survival of various species, whether fauna or flora, and even humans, which can and do cause major

environmental and climatic impacts. The disorderly growth of the population without a minimum of environmental planning causes soil degradation, damaging natural resources and preserving ecosystems. The methods used in the research are made through observations made by satellites, merging spectral bands to analyze land cover between the years 1986 – 2023. The results obtained from the research show us how unbridled population growth causes forest loss, degrades the soil and, with this green loss, climate-related problems, such as rising temperatures, soil impoverishment and loss of water resources, are linked, causing the local population to struggle. It is understood that there needs to be an intervention by bodies trained to deal with the problems and pass on knowledge to this population.

Keywords: Sensing. Analysis. Land Cover. Forestry. Anthropozition. Politics.

RESUMEN

La importancia de la cubierta forestal es esencial para la supervivencia de diversas especies, ya sean de fauna o flora, e incluso de los seres humanos, que pueden causar y causan importantes impactos ambientales y climáticos. El crecimiento desordenado de la población sin un mínimo de planificación ambiental provoca la degradación del suelo, poniendo en peligro los recursos naturales y la preservación de los ecosistemas. Los métodos utilizados en la investigación se realizan a través de observaciones realizadas por satélites, fusionando bandas espectrales para analizar la cobertura del suelo entre los años 1986 – 2023. Los resultados obtenidos de la investigación nos muestran cómo el crecimiento demográfico desenfrenado provoca la pérdida de bosques, degrada el suelo y, con esta pérdida verde, se vinculan problemas relacionados con el clima como el aumento de las temperaturas, el empobrecimiento del suelo y la pérdida de recursos hídricos, lo que provoca la lucha de la población local. Se entiende que es necesaria la intervención de organizaciones capacitadas para tratar los problemas y transmitir conocimientos a esta población.

Palabras clave: Sensing. Análisis. Land Cover. Silvicultura. Antropozición. Política.

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento urbano decorrente da Revolução Industrial desencadeou um aumento exponencial no consumo de recursos naturais, para atender às crescentes demandas da população em expansão (Cecagno *et al.*, 2020). Nesse contexto, tornou-se crucial obter informações detalhadas e confiáveis sobre o espaço geográfico, visando à implementação eficaz de

medidas de planejamento ambiental, gestão territorial e análise das mudanças na paisagem de regiões específicas.

A conversão de áreas florestais em espaços urbanizados tem suscitado reflexões profundas sobre o papel da urbanização nos processos de desmatamento ao longo do tempo (Ribeiro *et al.*, 2019). A fragmentação da cobertura vegetal resultou no enfraquecimento das áreas urbanas adjacentes, uma vez que a remoção desordenada da vegetação comprometeu a manutenção da biodiversidade, levando à degradação das florestas e à perda de importantes benefícios socioambientais (Tavares *et al.*, 2019; Pereira, 2021; Zakrzewski *et al.*, 2020).

Esses benefícios incluem o fornecimento de água, formação do solo, produção de recursos naturais e contribuição para o bem-estar geral das comunidades. A redução da cobertura florestal não apenas impacta negativamente o ambiente, mas também ameaça a sustentabilidade das áreas urbanas, aumentando os riscos de escassez de recursos e desastres naturais.

Diante desse cenário, é imprescindível adotar estratégias eficazes de planejamento urbano e ambiental, promovendo práticas sustentáveis de desenvolvimento que conciliem o crescimento urbano com a conservação e preservação dos ecossistemas naturais. O equilíbrio entre o desenvolvimento urbano e a proteção ambiental é essencial para garantir um futuro sustentável e resiliente para as comunidades e o meio ambiente como um todo.

O geoprocessamento, definido como o conjunto de técnicas e ferramentas para coletar, armazenar, processar, analisar e representar dados espaciais (Câmara *et al.* 2010), aliado ao sensoriamento remoto, permite a obtenção de dados a distância por meio de sensores e desempenha um papel essencial na avaliação do crescimento urbano, especificamente o uso de imagens de satélite, além de ser uma ferramenta de baixo custo, destaca-se como uma técnica eficaz para monitorar as mudanças urbanas ao longo dos anos (Silva; Faria Filho, 2019).

Nesse contexto, a imagem de satélite, como as fornecidas pela constelação Landsat, tem sido fundamental para o monitoramento da Terra desde 1972. O uso de índices de vegetação, derivados de combinações de

bandas espectrais, como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), permite a análise das características da vegetação e outros elementos da paisagem.

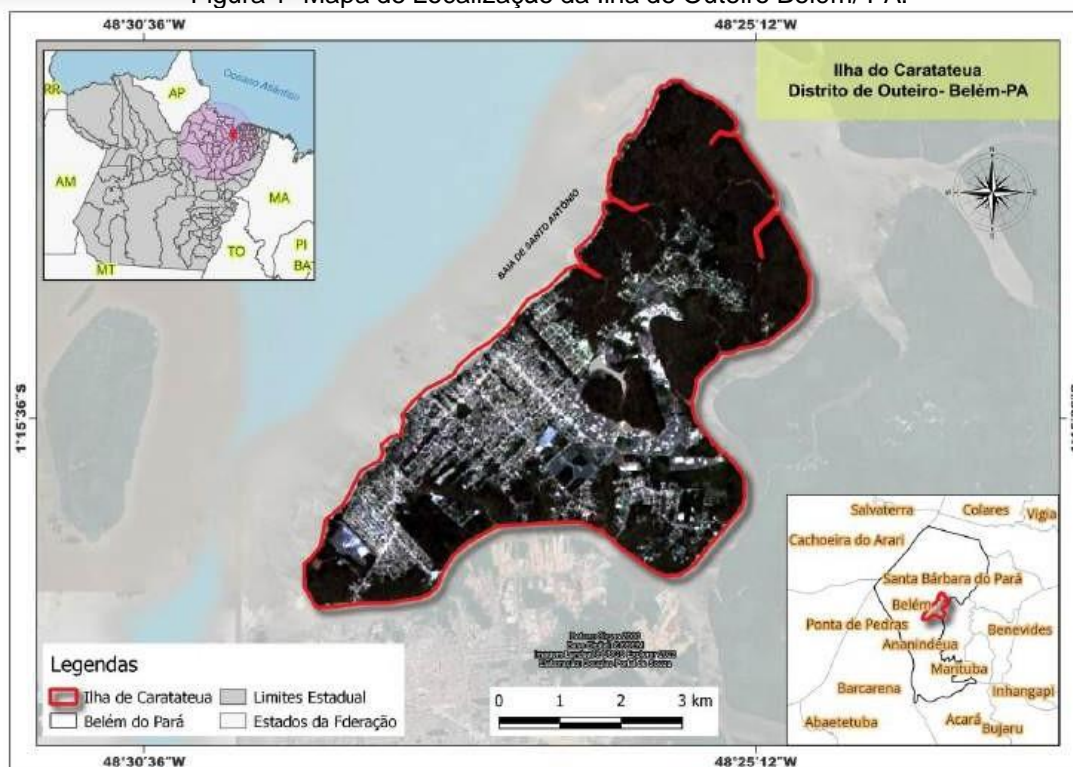
Desse modo, esta pesquisa tem como objetivo estimar o déficit de vegetação na ilha de Outeiro/PA, comparando os anos de 1986 e 2023, utilizando o índice de Vegetação Por Diferença Normalizada – NDVI e a Classificação Supervisionada como ferramentas principais.

2 DESENVOLVIMENTO

A ilha de Caratateua, conhecida popularmente como ilha de Outeiro, é uma das mais importantes do município de Belém, PA, abrigando um de seus oito distritos administrativos. Localizada a aproximadamente 25 km ao norte do centro da capital, é conectada ao continente pela ponte Governador Enéas Martins Pinheiro (Bitencourt, 2016). Sua posição geográfica situa-se entre as latitudes 1°15'0" W e 1°17' S e as longitudes de 48°25'0" e 48°29' W, abrangendo a região nordeste do Estado do Pará.

Entender a geografia e a importância da ilha de Caratateua/Outeiro é crucial para o planejamento e desenvolvimento sustentável da região. A preservação de seus recursos naturais, a gestão adequada do crescimento urbano e a promoção do turismo responsável são aspectos essenciais para garantir que a ilha continue desempenhando seu papel vital na paisagem, na vida das comunidades locais e na proteção do meio ambiente.

Figura 1- Mapa de Localização da Ilha de Outeiro Belém/ PA.



Fonte: autores, 2024.

Historicamente, estas regiões insulares ao redor de Belém são predominantemente áreas rurais dedicadas ao extrativismo e à produção de subsistência. A ilha de Outeiro se destacou economicamente pela forte influência da agroecologia e do extrativismo do fruto do açaí, com um circuito produtivo curto que favorece a permanência dos recursos na ilha. Além disso, a ilha possui um forte apelo turístico.

Atualmente, a ilha passa por um processo de transição de Rural para Periurbana, e garantem, em geral, uma articulação urbano-rural de proximidade e podem eventualmente tornar-se totalmente urbanas. A escolha dos marcos temporal, anos de 1986 e 2023, representa a ilha a partir da entrega da ponte (Governador Enéas Martins Pinheiro) que a conecta ao continente (1986) e (2023), podendo assim, fazermos uma regressão histórico-geoespacial.

3 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 1986, utilizaram-se imagens do LandSat- 5 (30m de resolução espacial) e, referente ao ano de 2023, usou-se uma imagem do LandSat-9 (30 e 15m de resolução espacial).

As imagens foram escolhidas com base na melhor resolução para os anos de estudo do trabalho, sem interferências atmosféricas (principalmente de nuvens), levando em consideração também que ambas foram adquiridas de forma gratuita. As imagens foram projetadas em coordenadas geográficas Datum SIRGAS 2000. As órbitas pontos usadas, para esta pesquisa, foram 223/061 (LandSat-5 e 9).

Tabela 1- Descreve as informações de cada tipo de imagem utilizada.

ANO	SATELITE	SENSOR	BANDAS ESPECTRAIS	DATA DA IMAGEM
1986	LANDSAT-5	Thematic Mapper (TM)	B1,B2,B3,B4,B5	15/06/1986
1996	LANDSAT-5	Thematic Mapper (TM)	B1,B2,B3,B4,B5	21/06/1994
2001	LANDSAT-5	Thematic Mapper (TM)	B1,B2,B3,B4,B5	11/08/2001
2008	LANDSAT-5	Thematic Mapper (TM)	B1,B2,B3,B4,B5	14/08/2008
2013	LANDSAT 8	Thermal Infrared Sensor	B2,B3,B4,B5,B6,B8	07/27/2013
2017	LANDSAT 8	Thermal Infrared Sensor	B2,B3,B4,B5,B6,B8	06/07/2017
2023	LANDSAT-9	Thermal Infrared Sensor 2 (TIRS-2)	B2,B3,B4,B5,B6,B8	29/06/2023

Fonte: autores, 2024.

Foram selecionados o conjunto de dados espectrais (B5,B4 E B3) para realizar composição/mosaico RGB e para o NDVI (B4 e B3) – LandSat 5. Já para o LandSat 8-9, foram selecionados (B2,B3,B4,B5,B6) – Conjunto de dados espectrais + B8 (Banda Pancromática), permitindo a fusão dos dois conjuntos de dados, fazendo que o produto gerado tenha uma resolução espacial de 15m. E para o NDVI, as bandas selecionadas foram (B5 e B4).

Após o processamento das imagens, através da ferramenta recorte pela máscara do shapefile dos limites da ilha de Caratateua, extraiu-se somente a área da ilha de Outeiro e sem as hidrografias, uma vez que o objetivo do artigo não envolve cálculo de áreas hidrográficas.

Figura 2 – Outeiro sem Hidrografias. Mosaico 2023, Cor Natural Bandas B1, B2, B3. Procedimentos Metodológicos



Fonte: autores, 2024.

3.1 NDVI- (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NORMALIZADA)

O índice espectral de vegetação normalizada, conhecido por NDVI, foi introduzido por Rouse et al. (1973) e vem sendo amplamente empregado para mapear, quantificar e estimar a condição da cobertura vegetal. Como também, este índice é considerado o mais utilizado no processamento de dados provindos de satélites espaciais (Myneni et al., 1995) Segundo Bannari et al. (1995), o NDVI pode ser aplicado em numerosos estudos em esferas regionais ou até mesmo globais, para avaliar a saúde da vegetação. Apesar das interferências

atmosféricas, bem como a degradação radiométrica nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, esta técnica é desenvolvida com sucesso quando normalizada a fim de reduzir os efeitos de degradação das calibrações realizadas nos sensores.

O índice de vegetação normalizada (NDVI) foi proposto por Rouse et al. (1973) e será utilizado para o reconhecimento da vegetação da área de estudo, por meio da reflectância do vermelho e da reflectância do infravermelho próximo. Ressaltasse a ampla utilização deste índice para mapear, quantificar e estimar a cobertura da terra e a qualidade da vegetação, o NDVI será calculado a partir da equação:

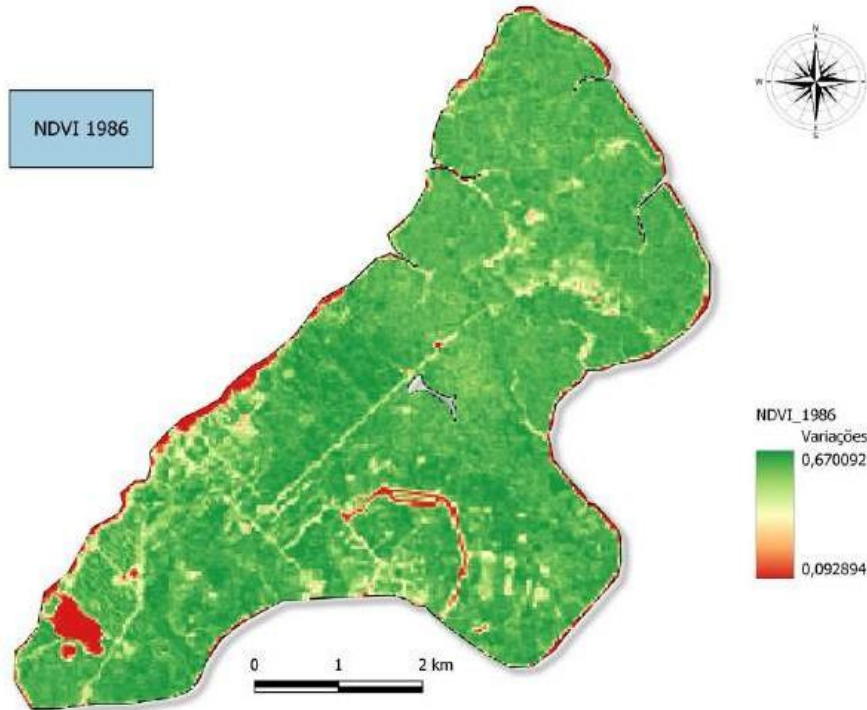
$$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red) \quad (1)$$

Onde:

NIR = infravermelho próximo; Red = vermelho.

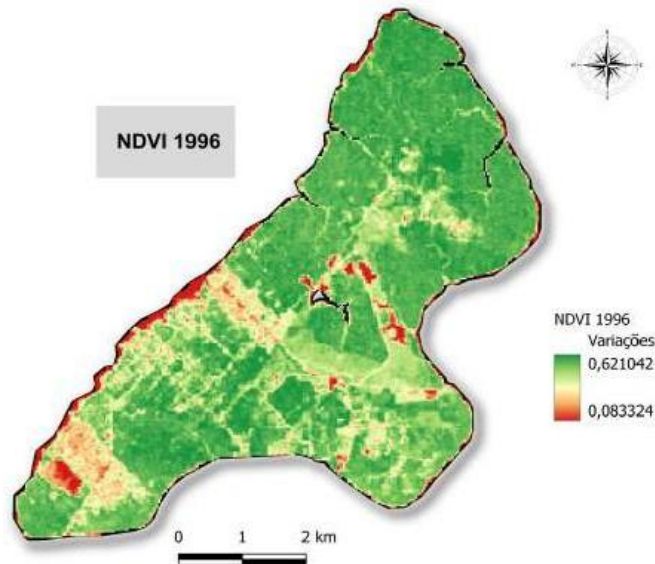
Além disso, no que se refere ao resultado do NDVI, estes deverão apresentar valores entre -1 e 1, no qual índices próximos de 1 representam vegetação saudável, bem como os valores próximos a -1 demonstram vegetações impactadas ou até mesmo solo exposto.

Figura 3 – NDVI 1986.



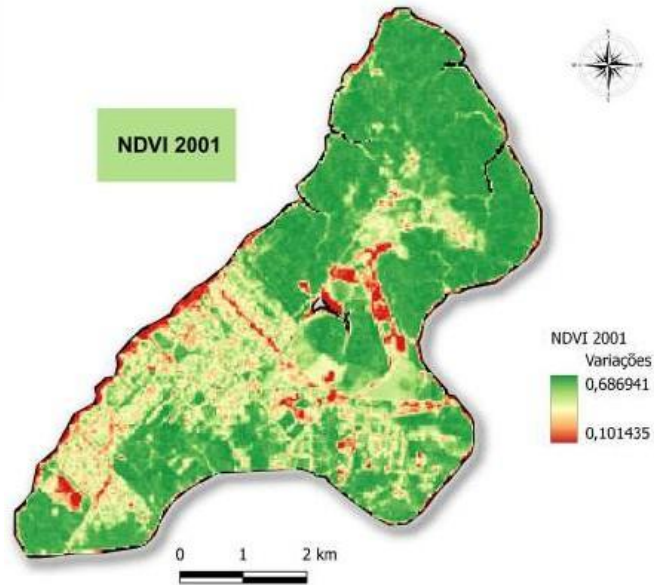
Fonte: autores, 2024.

Figura 4 – NDVI 1996.



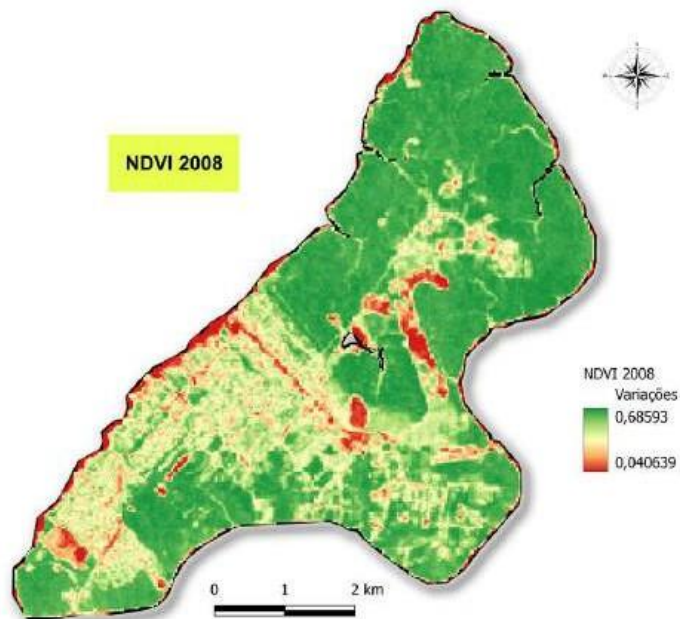
Fonte: autores, 2024.

Figura 5 – NDVI 2001.



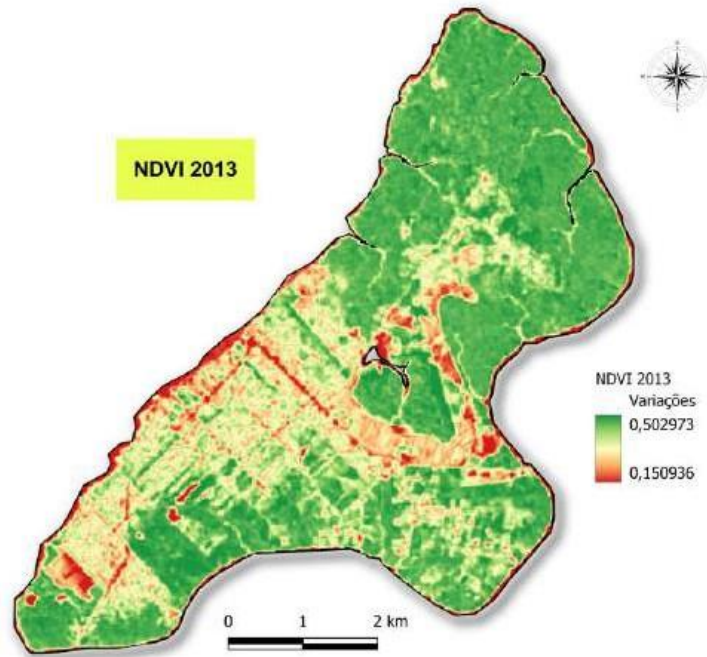
Fonte: autores, 2024.

Figura 6 – NDVI 2008.



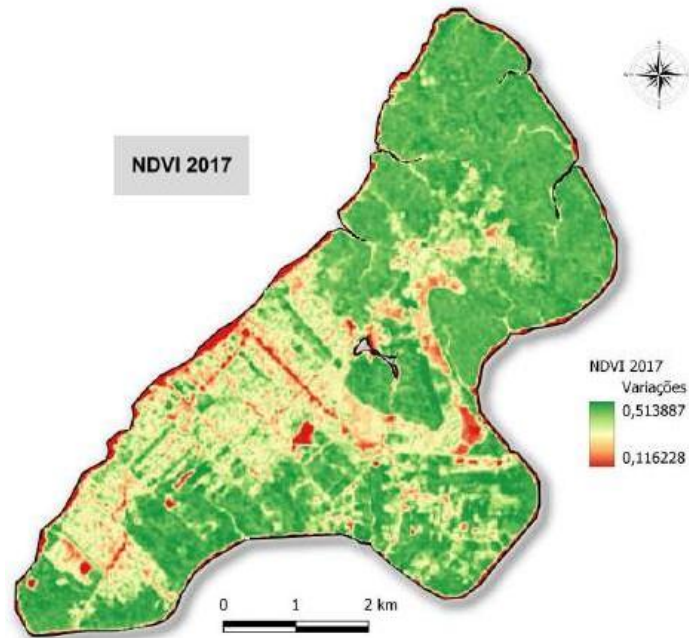
Fonte: autores, 2024.

Figura 7 – NDVI 2013.



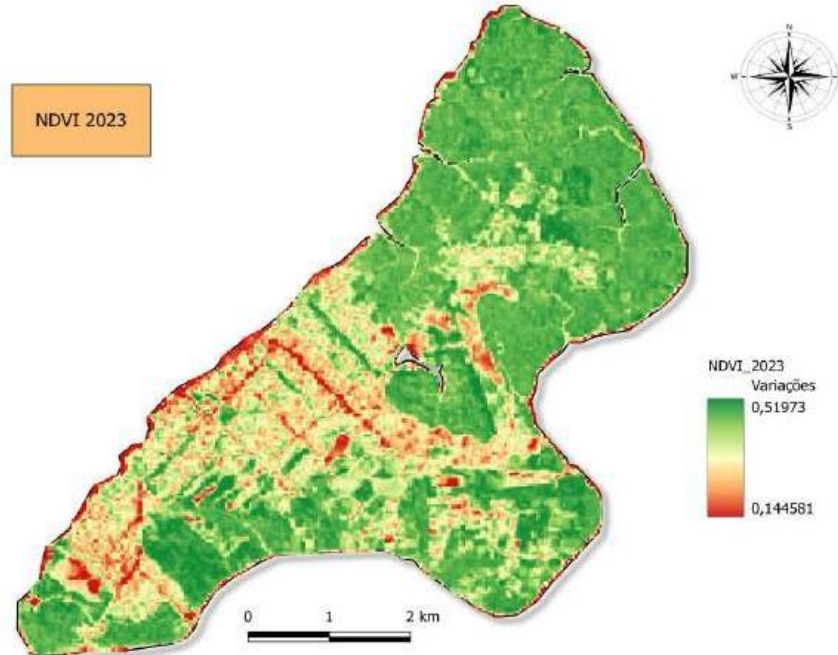
Fonte: autores, 2024.

Figura 8 – NDVI 2017.



Fonte: autores, 2024.

Figura 9 – NDVI 2023.



Fonte: autores, 2024.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DO SOLO

Para a classificação do uso e cobertura do solo, foram selecionados dados abertos, no formato Raster e vetorial (*Shapefile*), e a utilização do software livre QGIS versão 3.28.15 FIRENZE (QUANTUM GIS, 2023). Para a obtenção dessas Classes utilizando o QGIS, buscou-se uma ferramenta interna que fornecesse resultados razoáveis tanto do ponto de vista dos alvos efetivamente identificados, como do desempenho do processamento. E para cada classe Floresta, Solo exposto/Urbanização foram coletadas 60 amostras, vetorizadas em uma nova camada *shapefile*, em que para cada classe foram atribuídos valores (1,2). Onde:

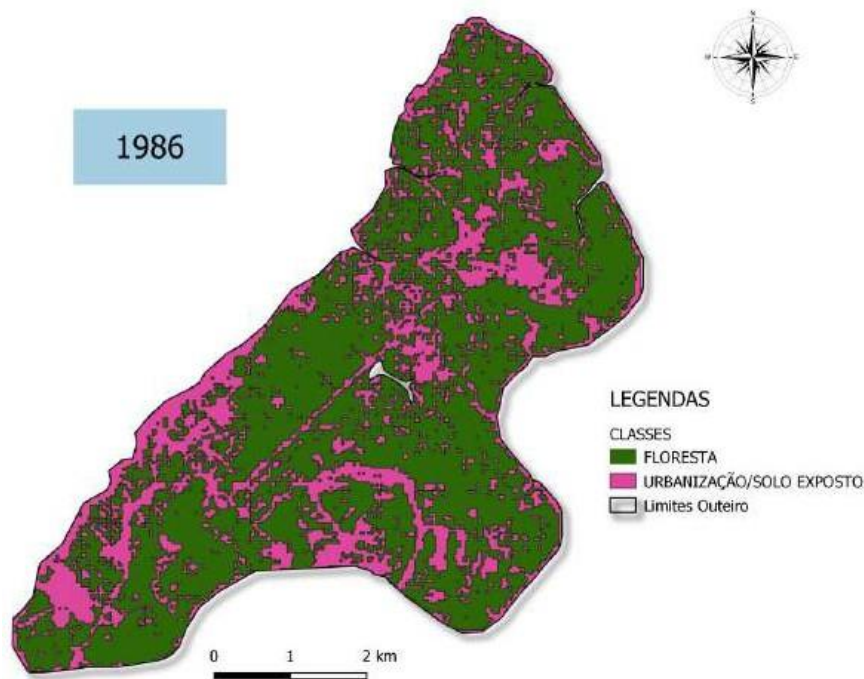
1. representa a classe Floresta;
2. representa a classe Solo Expoxto/Urbanização.

3.3 PLUGIN “DZETSAKA”

Para a obtenção dessas áreas utilizando o QGIS, buscou-se uma ferramenta interna que fornecesse resultados razoáveis tanto do ponto de vista dos alvos efetivamente identificados, como também do desempenho do processamento. Com isso, optou-se pelo uso da ferramenta de classificação “dzetsaka” do QGIS, que é um plug-in para classificação semiautomática facilitada utilizando modelo de mistura gaussiana. No uso da ferramenta, é requerida a criação de camada para obtenção de amostragem das áreas a serem classificadas, que será utilizada como treinamento do algoritmo do procedimento.

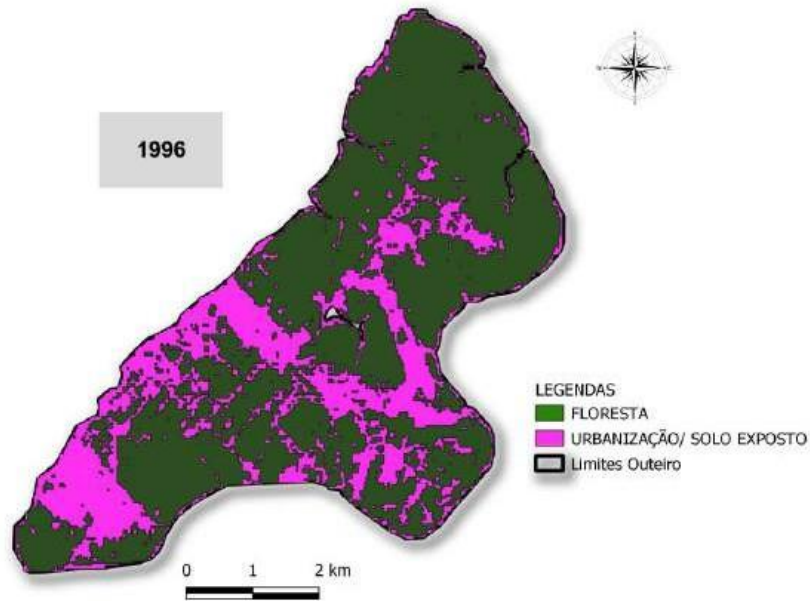
Após a geração do raster classificado, é realizado procedimento de conversão de raster para polígono (ferramenta dentro do SIG QGIS) e reprojeção da camada vetorial de geográficas para UTM, para que possamos calcular as áreas das respectivas classes.

Figura 10 – Classificação NDVI 1986.



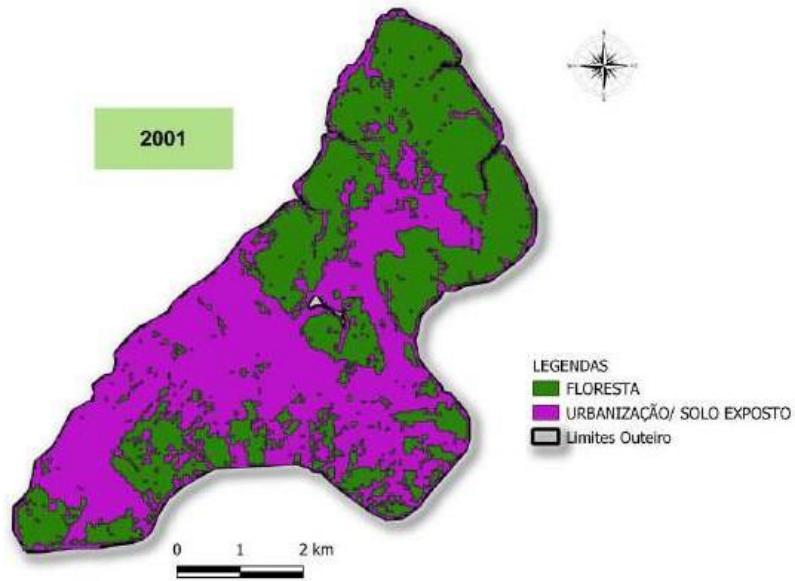
Fonte: autores, 2024.

Figura 11 – Classificação NDVI 1996.



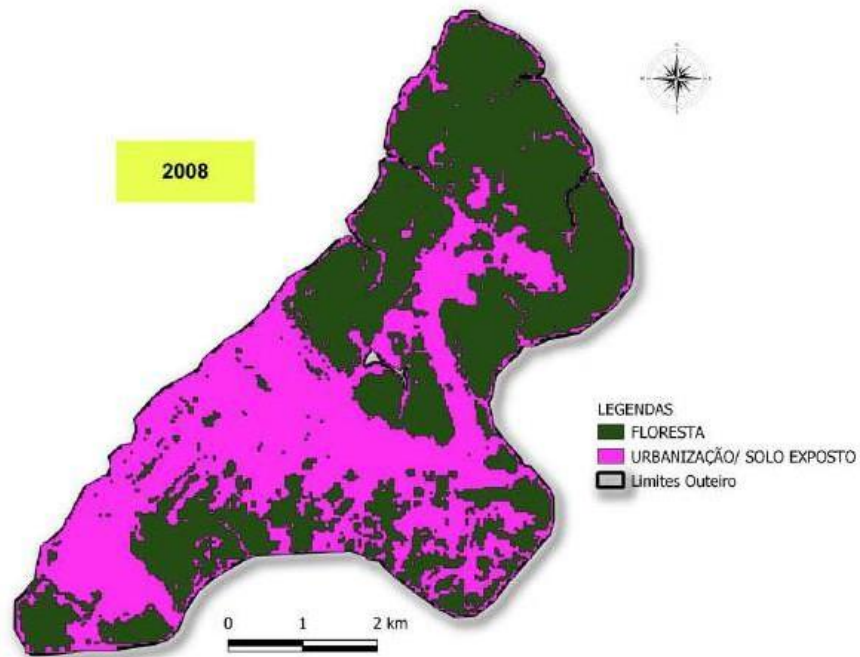
Fonte: autores, 2024.

Figura 12 – Classificação NDVI 2001.



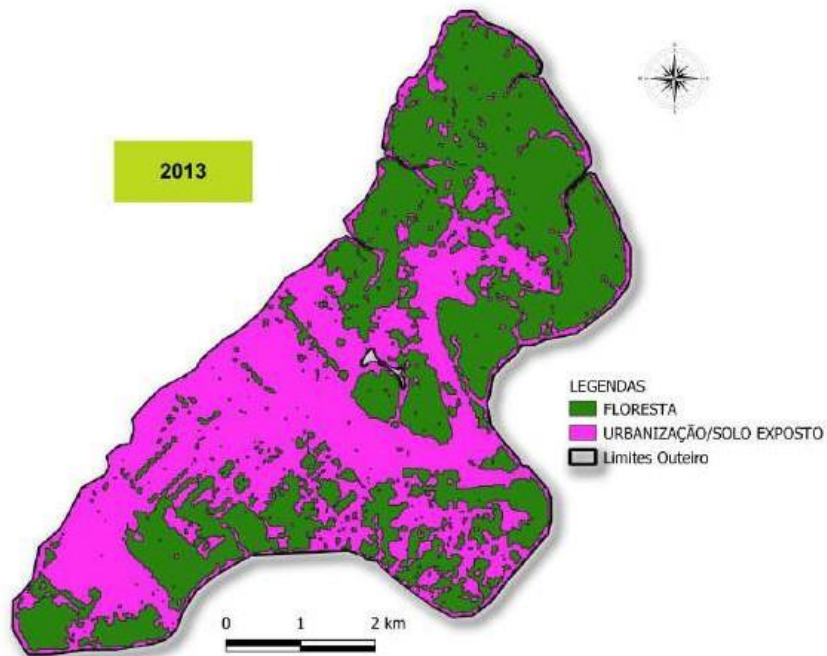
Fonte: autores, 2024.

Figura 13 – Classificação NDVI 2008.



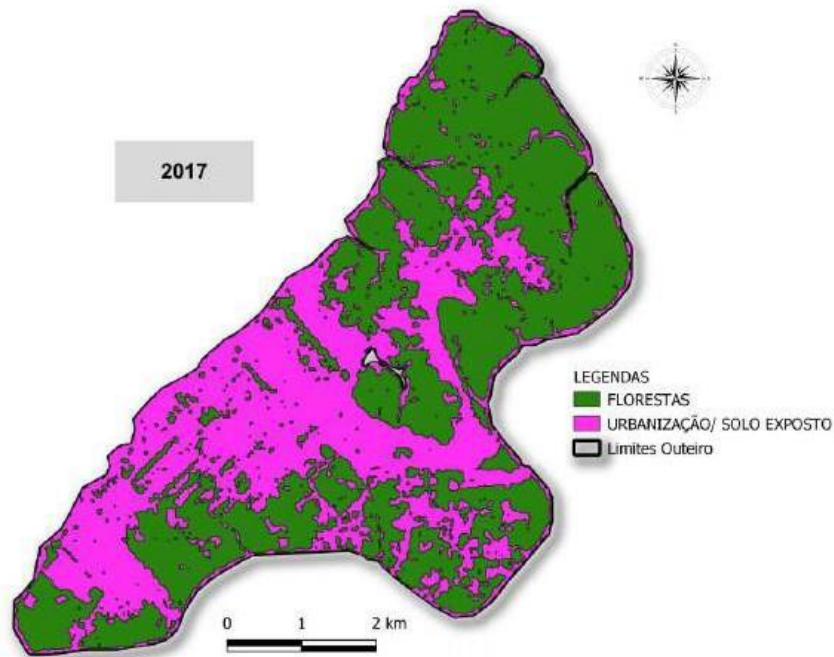
Fonte: autores, 2024.

Figura 14 – Classificação NDVI 2013.



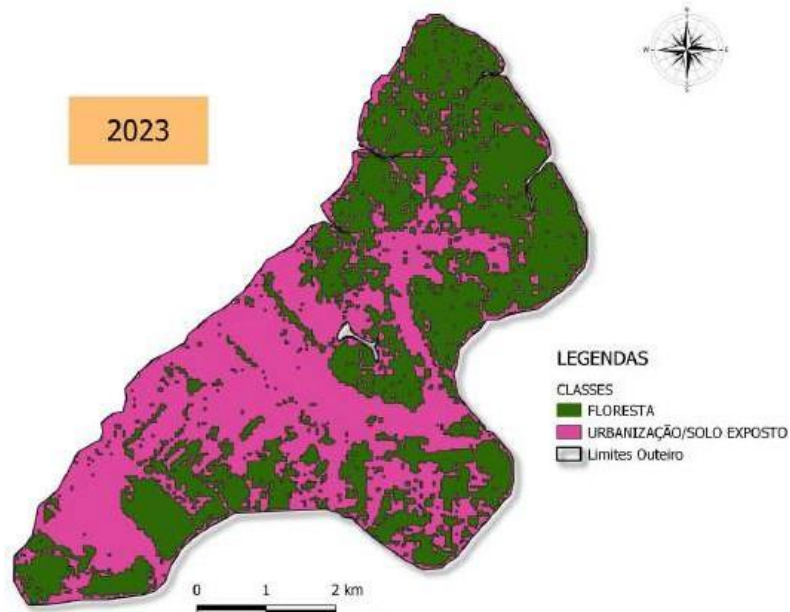
Fonte: autores, 2024.

Figura 15 – Classificação NDVI 2017.



Fonte: autores, 2024.

Figura 16 – Classificação NDVI 2023.



Fonte: autores, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

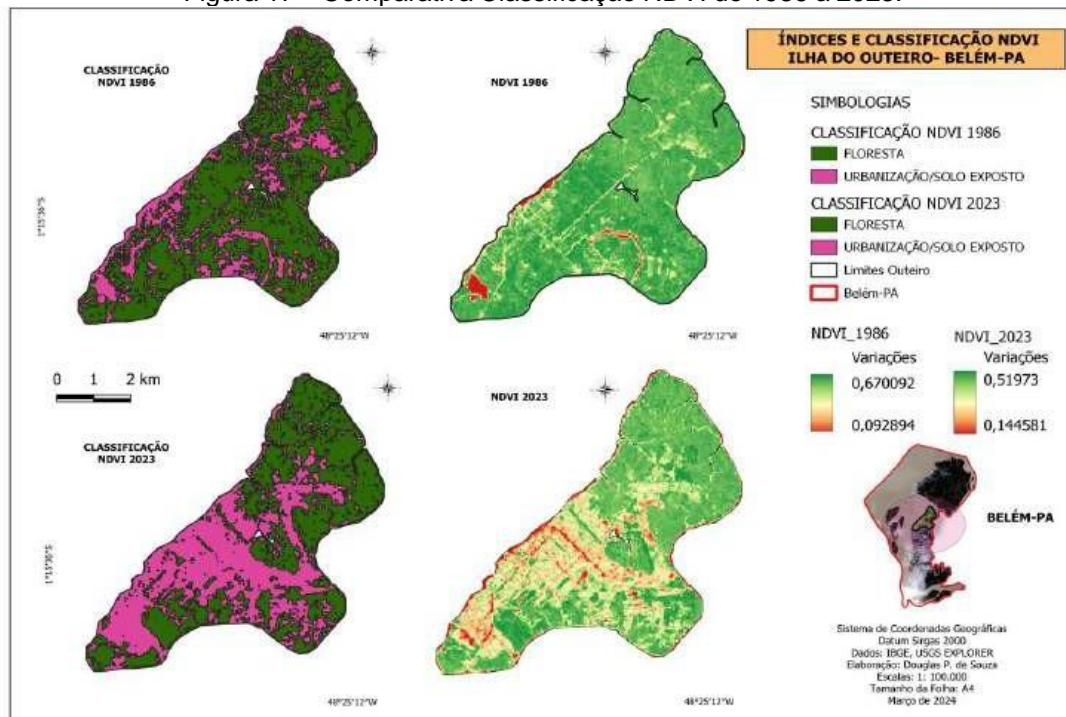
Ao compararmos os dados de 1986 e 2023 relativos à cobertura florestal e às áreas com urbanização na ilha de Outeiro, uma tendência chama a atenção,

indicando uma significativa redução das áreas de floresta e um correspondente aumento das áreas com urbanização ou com solo exposto. Esses números evidenciam uma preocupante degradação ambiental, mas também exigem ações urgentes para mitigação do quadro.

Em 1986, a cobertura florestal na ilha de Outeiro era estimada em um total de 2.149,758 hectares (ha). Entretanto, em 2023, essa área foi reduzida a uma marca de 1.568,325 (ha), representando uma queda drástica de aproximadamente -73%. Esse declínio vertiginoso na cobertura florestal é um reflexo direto das atividades humanas, como o crescimento urbano desordenado e a ausência de políticas de ordenamento territorial para a ilha.

Por outro lado, as áreas com urbanização ou com solo exposto mostram um crescimento preocupante durante o mesmo período. O aumento de +572.691 ha, uma elevação significativa de aproximadamente 64,41%, quando comparado em 1986.

Figura 17 – Comparativa Classificação NDVI de 1986 a 2023.



Fonte, autores 2024.

Em 1986, a área urbana ou com solo exposto correspondia ao valor de 1.036,756 ha e, em 2023, apresentou um número de 1.609,447 ha. Isso sugere

não apenas como responsáveis a expansão da urbanização, mas também a degradação do solo devido à exploração não sustentável, à erosão e a outros fatores ambientais adversos.

Tabela 2 – Quadro de áreas das Classes

ANO	CLASSES	AREA (ha)
1986	FLORESTA	2.149,76
1986	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.036,76
1996	FLORESTA	2.183,39
1996	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.014,23
2001	FLORESTA	1.487,01
2001	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.710,61
2008	FLORESTA	1.646,15
2008	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.551,46
2013	FLORESTA	1.607,05
2013	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.491,22
2016	FLORESTA	1.653,32
2016	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.444,85
2023	FLORESTA	1.568,33
2023	URBANIZAÇÃO SOLO EXPOSTO	1.609,45

Fonte: autores 2024.

Essas estatísticas são relevantes e carregam implicações profundas para o ecossistema da ilha de Outeiro e para o bem-estar das comunidades locais. A redução da cobertura florestal, evidenciada neste estudo, compromete a biodiversidade, aumenta o risco de desastres naturais, como deslizamentos de terra em faixas de falésias e enchentes, e contribui significativamente para as mudanças climáticas globais, devido à diminuição da capacidade de sequestro de carbono das florestas. Além disso, o aumento das áreas urbanas ou com solo exposto reflete uma degradação contínua do ambiente, com consequências.

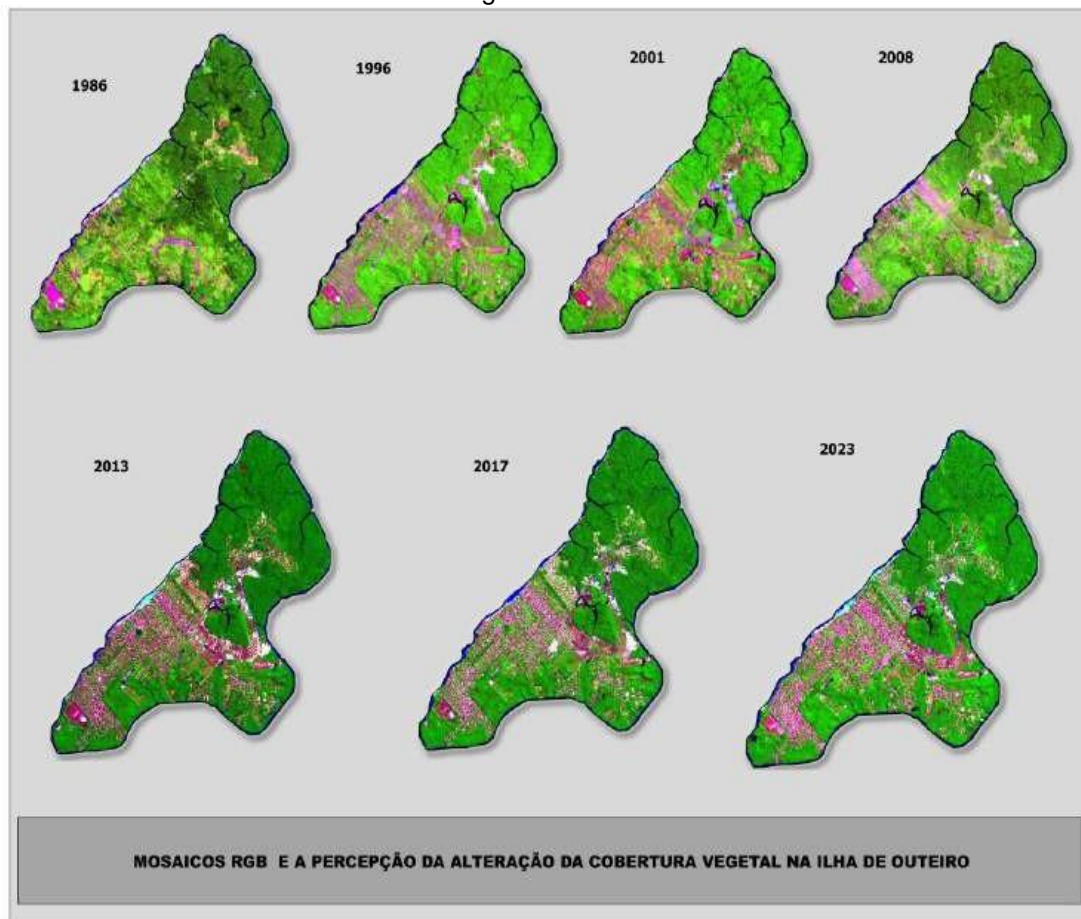
Importância negativa para a qualidade do solo, a disponibilidade de recursos hídricos e a saúde pública.

Diante desse panorama, é imprescindível que medidas de conservação e recuperação ambiental sejam implantadas com urgência. Afinal, o distrito de Outeiro faz parte da capital paraense, que irá sediar o palco das principais

discussões sobre mudanças climáticas, denominada Conferência das Partes – COP-30, em 2025, da Organização das Nações Unidas – ONU.

Destarte, o alerta à população, ao estado e a quem de direito é responsável pela gestão municipal, estadual ou federal. A proteção das áreas remanescentes de floresta, o estabelecimento de políticas de uso sustentável da terra e o incentivo à restauração ecológica são passos cruciais para reverter essa tendência de degradação ambiental e promover um futuro mais sustentável para a ilha de Outeiro e suas comunidades.

Figura 18 – Mosaicos RGB das imagens utilizadas no estudo e a percepção da alteração da cobertura vegetal na ilha de Outeiro.



Fonte: autores 2024.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa analisou a diminuição da cobertura florestal na ilha de Outeiro, PA, entre os anos de 1986 a 2023, utilizando técnicas de

geoprocessamento e sensoriamento remoto. Os resultados mostraram uma redução significativa da cobertura florestal, além do aumento das áreas urbanizadas e de solo exposto. Essas informações indicam uma pressão urbana crescente sobre os ecossistemas naturais, o que traz sérias consequências para a biodiversidade, recursos hídricos e qualidade de vida das comunidades locais. É fundamental que essas informações sejam utilizadas para direcionar políticas públicas e iniciativas comunitárias focadas na preservação ambiental e desenvolvimento sustentável da ilha.

No entanto, a pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A resolução das imagens de satélite pode não captar mudanças em pequena escala, e fatores climáticos e atmosféricos podem influenciar os resultados do índice NDVI, mesmo com a normalização dos dados, através das técnicas de Processamento Digital de Imagens- PDI aplicadas na pesquisa. Além disso, a ausência de dados socioeconômicos detalhados limita a compreensão completa dos impactos das mudanças na cobertura florestal. Essas limitações sugerem a necessidade de utilizar imagens de alta resolução, integrar dados socioeconômicos e demográficos, e realizar estudos de campo complementares para obter uma análise mais precisa e sistêmica.

Para futuras pesquisas, recomenda-se o uso de imagens de satélite de alta resolução e técnicas avançadas de processamento para captar mudanças em menor escala. A integração de dados socioeconômicos e demográficos é essencial para entender melhor a relação entre a dinâmica populacional e as mudanças na cobertura florestal. Pode ser adicionado, estudos de campo para validar os dados obtidos por sensoriamento remoto e fornecer informações adicionais sobre a biodiversidade local. Com essas abordagens, será possível desenvolver políticas de ordenamento territorial e iniciativas de educação ambiental que promovam um futuro mais sustentável e resiliente para a ilha de Outeiro.

REFERÊNCIAS

BANNARI, A.; MORIN, D.; BONN, F. A review of vegetation indices. **Remote Sensing Reviews**, Taylor & Francis, Sherbrooke, Canadá, v. 13, n. 1, p. 95–120, 1995.

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. **Rodrigo Souza Soares**. 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.

IBGE. ([s.d.]). Gov.br. Recuperado 30 de março de 2024, de <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>

MYNENI, R. B.; HALL, F. G.; SELLERS, P. J.; MARSHAK, A. L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, IEEE, Greenbelt, EUA, v. 33, n. 2, p. 481–486, 1995.

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.

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.

USGS-U.S. **Geological Survey**. ([s.d.]). EarthExplorer. USGS – U.S. Geological Survey. Recuperado 30 de março de 2024, de <https://earthexplorer.usgs.gov/>