

Análise dos espaços verdes urbanos por sensoriamento remoto em um bairro de João Pessoa/PB**Sara Angélica Santos de Souza**

Mestranda pelo PPGECAAM, UFPB, Brasil
eng.amb.sara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5510-5358>

Ivonete Borne

Mestranda pelo PPGECAAM, UFPB, Brasil
ivonete.borne@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-2096-4594>

Rafael Santos Cruz

Mestrando pelo PPGECAAM, UFPB, Brasil
rafaelcruzengenharia@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-5622-3390>

Victhor Brenno Farias Teixeira

Mestrando pelo PPGECAAM, UFPB, Brasil
victhor.brenno18@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-4247-9745>

José Augusto Ribeiro da Silveira

Professor Doutor, UFPB, Brasil
ct.laurbe@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4518-167X>

Análise dos espaços verdes urbanos por sensoriamento remoto em um bairro de João Pessoa/PB

RESUMO

Objetivo: Quantificar os espaços com presença de vegetação, por meio de análises de NDVI e NDBI, no bairro de Tambaú, em João Pessoa/PB, bem como verificar as influências e os benefícios desses espaços existentes para a qualidade de vida urbana.

Metodologia: Para atingir o objetivo proposto, foram empregados métodos de sensoriamento remoto, uma ferramenta que facilita a compreensão da fenologia da vegetação em diferentes resoluções, ajudando no planejamento local. Além disso, foram realizadas análises quantitativas com dados cartográficos e imagens do Google Earth, bem como qualitativas através de visitas e registros fotográficos na área estudada.

Resultados: Embora o bairro de Tambaú tenha áreas verdes públicas, elas são escassas e mal distribuídas, limitando o lazer dos moradores, concentrando-se na zona turística da orla marítima. A análise do NDVI e NDBI mostra a dinâmica da expansão urbana, resultando em baixa vegetação e conforto térmico. Além disso, a falta de planejamento urbano adequado compromete a qualidade de vida, evidenciando a necessidade de integrar mais espaços verdes. A revitalização da Área de Preservação Ambiental ao redor do Rio Jaguaribe é um ponto positivo, mas ainda insuficiente.

Contribuições sociais e ambientais: O estudo não apenas fornece dados importantes para o planejamento urbano, mas também promove uma abordagem holística que considera tanto os aspectos sociais quanto ambientais, contribuindo para um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Espaços Verdes Públicos. Qualidade de Vida. Planejamento Urbano.

Analysis of Urban Green Spaces Using Remote Sensing in a Neighborhood of João Pessoa/PB

ABSTRACT

Objective: To quantify the areas with vegetation presence through NDVI and NDBI analyses in the Tambaú neighborhood of João Pessoa/PB, as well as to assess the influences and benefits of these existing spaces on urban quality of life.

Methodology: To achieve the proposed objective, remote sensing methods were employed, a tool that facilitates the understanding of vegetation phenology at different resolutions, aiding local planning. Additionally, quantitative analyses were conducted using cartographic data and Google Earth images, as well as qualitative assessments through visits and photographic records in the studied area.

Results: Although the Tambaú neighborhood has public green areas, they are scarce and poorly distributed, limiting residents' leisure opportunities, primarily concentrated in the tourist zone along the coastline. The NDVI and NDBI analysis reveals the dynamics of urban expansion, resulting in low vegetation and thermal comfort. Furthermore, the lack of adequate urban planning compromises quality of life, highlighting the need for more integrated green spaces. The revitalization of the Environmental Preservation Area around the Jaguaribe River is a positive aspect, but still insufficient.

Social and Environmental Contributions: The study not only provides important data for urban planning but also promotes an integrated approach that considers both social and environmental aspects, contributing to more balanced and sustainable development.

KEYWORDS: Public Green Spaces. Quality of Life. Urban Planning.

Análisis de los espacios verdes urbanos mediante teledetección en un barrio de João Pessoa/PB

RESUMEN

Objetivo: Cuantificar los espacios con presencia de vegetación, a través de análisis de NDVI y NDBI, en el barrio de Tambaú, en João Pessoa/PB, así como verificar las influencias y los beneficios de estos espacios existentes para la calidad de vida urbana.

Metodología: Para alcanzar el objetivo propuesto, se emplearon métodos de teledetección, una herramienta que facilita la comprensión de la fenología de la vegetación en diferentes resoluciones, ayudando en la planificación local. Además, se realizaron análisis cuantitativos con datos cartográficos e imágenes de Google Earth, así como evaluaciones cualitativas a través de visitas y registros fotográficos en el área estudiada.

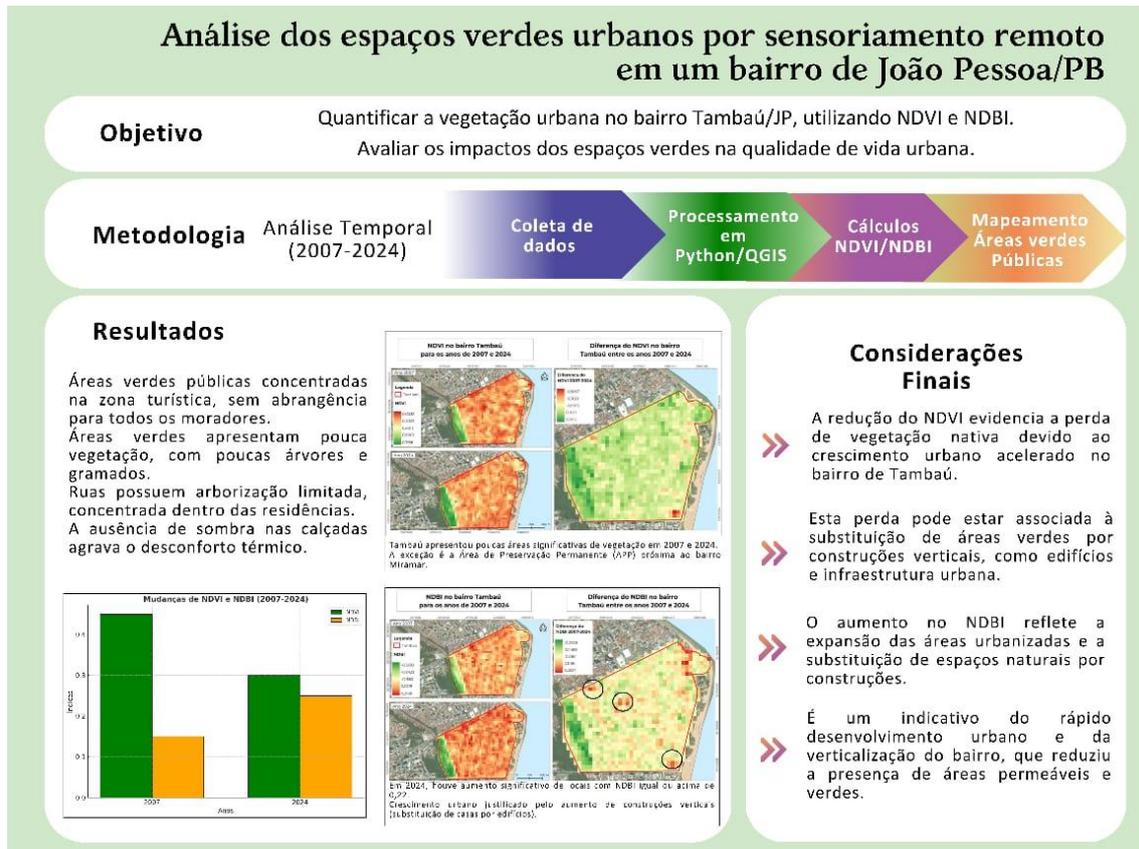
Resultados: Aunque el barrio de Tambaú cuenta con áreas verdes públicas, estas son escasas y están mal distribuidas, limitando el ocio de los residentes, concentrándose en la zona turística de la costa. El análisis de NDVI y NDBI muestra la dinámica de la expansión urbana, resultando en baja vegetación y confort térmico. Además, la falta de planificación urbana adecuada compromete la calidad de vida, evidenciando la necesidad de integrar más espacios verdes. La

revitalização del Área de Preservação Ambiental alrededor del río Jaguaribe es un aspecto positivo, pero aún insuficiente.

Contribuciones Sociales y Ambientales: El estudio no solo proporciona datos importantes para la planificación urbana, sino que también promueve un enfoque holístico que considera tanto los aspectos sociales como los ambientales, contribuyendo a un desarrollo más equilibrado y sostenible.

PALABRAS CLAVE: Espacios Verdes Públicos. Calidad de Vida. Planificación Urbana.

RESUMO GRÁFICO



1. INTRODUÇÃO

As rápidas modificações no ambiente natural, impulsionadas pela expansão urbana sem planejamento, resultaram em alterações no uso do solo e na fragmentação de espaços naturais, afetando a qualidade do meio físico e o bem-estar das pessoas (Maciel; Barbosa, 2015, p. 30). A conversão de áreas naturais em urbanas leva ao aumento populacional em regiões específicas, causando impactos adversos ao ambiente. Nesse cenário, a presença de espaços naturais nas cidades não apenas age na conservação da fauna e da flora, como também oferece funções estéticas e de lazer (Rubira, 2016, p. 138).

No contexto da qualidade de vida urbana, as áreas verdes, além de atribuir melhorias ao meio ambiente e ao equilíbrio ambiental, contribuem para o desenvolvimento social e trazem benefícios à saúde física e psíquica da população (Londe; Mendes, 2014, p. 265). Elas agem como pontos estratégicos no controle de problemas ambientais, melhorando a qualidade do ar, diminuindo o efeito das ilhas de calor e auxiliando na diminuição de alagamentos urbanos (Vasquez et al., 2019, p. 333).

Tem-se como espaço verde público as áreas com vegetação contínua e sem edificações, embora possam conter caminhos, vielas ou mobiliários para lazer infantil e outras atividades recreativas, desde que sejam destinadas ao uso público. Esses locais devem ou deveriam ter área maior que 200 m², e englobam espaços como praças, jardins públicos e parques urbanos (Leite, 2021). Esses locais proporcionam benefícios ambientais e sociais essenciais, como pontos de encontro e convívio. Quando planejados de forma adequada, esses espaços são atrativos para a população, que fazem uso para a realização de atividades físicas ou de descanso.

João Pessoa, capital da Paraíba, recebeu no ano de 1999 o título de Cidade Verde, devido ao número acentuado de árvores existentes e a presença da Mata do Buraquinho, uma área com cerca de 515 ha, que contém um dos maiores resquícios de Mata Atlântica em perímetro urbano. Ainda, possui diversas áreas bem arborizadas, como a Praça da Independência e o Parque Zoobotânico Arruda Câmara (Bica), sendo esses espaços regularmente utilizados como áreas de lazer de contemplação da natureza.

A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) indica que o valor ideal de áreas verdes por habitante deve ser de no mínimo 15 m², para que cumpra o seu papel como socializador e controle climático (Silva et al., 2016, p. 354). De acordo com a ICES (2014), João Pessoa possui 30,67% de seu território classificado como área verde, o que equivale a uma média de 47,11 m² de espaço verde por habitante. Contudo, esses espaços não são bem distribuídos, e muitos bairros não possuem áreas verdes públicas adequadas a trazer benefícios ao ambiente e a população. Enquanto o bairro de Ilha do Bispo possui 254 ha de área verde para aproximadamente 6.020 habitantes, o bairro de Funcionários com cerca de 16 mil habitantes não possui áreas verdes significativas (Andrade; Jeronimo, 2015, p. 205).

Nesse sentido, torna-se importante a realização de uma análise sobre a importância dessas áreas, tendo em vista que a integração entre a natureza e a população é também uma questão de saúde pública, uma vez que esse distanciamento pode ser nocivo ao bem-estar humano e ambiental (Pinheiro; De Souza, 2017, p. 71). Assim, o presente estudo tem o objetivo de quantificar os espaços com presença de vegetação, por meio de análises de NDVI e NDBI, no bairro de Tambaú, em João Pessoa/PB, bem como verificar as influências e os benefícios desses espaços existentes para a qualidade de vida urbana.

2. METODOLOGIA

O trabalho tem como objeto de estudo o bairro Tambaú, localizado no município de João Pessoa-PB. A escolha do bairro se deu devido ao seu adensamento populacional e por estar localizado próximo a região da orla. O estudo é classificado como exploratório e descritivo, buscando familiarizar-se com o problema e coletar informações sobre o objeto de investigação (Gerhardt; Silveira, 2009, p. 38).

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Tambaú (Figura 1) está localizado na Zona Leste da cidade, cujos bairros limites são: Miramar, Cabo Branco e Manaíra. Possui uma área de 84,63 ha e sua população no ano de 2010 era aproximadamente 10.163 habitantes, com predomínio de tipologia construtiva maior a 10 pavimentos, de uso residencial e misto (PDMU/ JP, 2020).

Atualmente, é um bairro de classe média alta da capital paraibana, situado na área litorânea da cidade, mas possuindo aspectos de um bairro central, pelo desenvolvimento comercial e grande movimentação de pessoas de diversas origens no cotidiano (Souza, 2004, p. 02). O bairro também é central, no sentido de representar o centro de lazer diurno e noturno de João Pessoa, pelos seus diferentes equipamentos naturais e estruturais que atraem para o seu interior indivíduos com níveis, estilos, preferências, intenções, culturas e origens distintas.

Desde o seu surgimento, Tambaú tem sido um centro de grande estrutura comercial direcionada tanto para o público turístico como para a população de toda a capital. O bairro surgiu a partir de uma comunidade de pescadores, e até a sua conformação atual, foi palco de intensas transformações sociais e culturais (Souza, 2004, p. 03).

Figura 1. Mapa de localização do bairro de Tambaú.

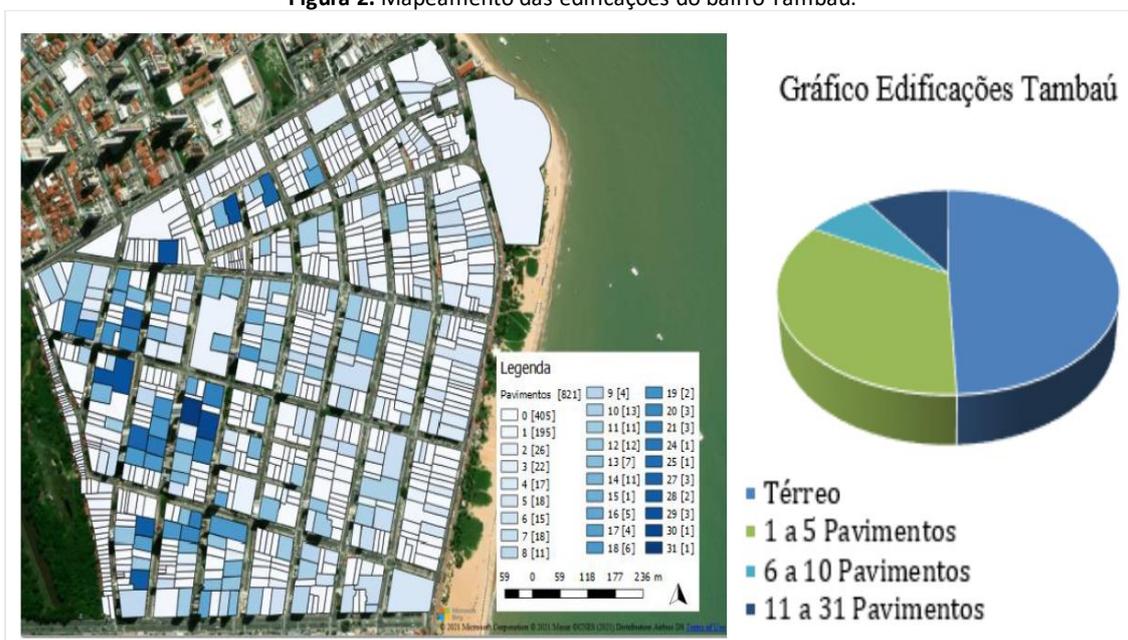


Fonte: Autores, (2024).

De acordo com Silveira e Silveira (2014, p. 291), Tambaú é um dos locais da cidade em que houve um processo de grande transformação em seu padrão construtivo, sendo marcado principalmente pela presença de edificações verticais. Devido a elevada valorização comercial e residencial, o bairro começou a se desenvolver verticalmente. Para atender à demanda e aos interesses do mercado, as construtoras começaram a investir no bairro, buscando preencher todos os espaços vazios. Os terrenos desocupados passaram a se transformar em prédios, ou a serem destinados para a sua construção (Souza, 2004, p. 05).

A figura 2 traz o mapeamento das edificações de Tambaú. O bairro possui cerca de 9,4% de habitações de 10 pavimentos ou mais, e acima de 20 pavimentos são aproximadamente 2,2% das moradias, o que demonstra que ainda pode sofrer alterações no gabarito atual (Dos Santos et al., 2023, p. 06).

Figura 2. Mapeamento das edificações do bairro Tambaú.



Fonte: Dos Santos et al (2023).

Seu crescimento é evidenciado através da valorização imobiliária, com o número de domicílios tendo um aumento significativo entre os anos de 2000 e 2010, passando de 1873 para 3457 habitações, sendo que 84,7% representam habitações verticais (De Araújo et al., 2023, p. 03). Nesse contexto, devido a essa grande ocupação dos espaços vazios e da falta de um planejamento prévio, o bairro carece de espaços públicos com áreas verdes, que possam oferecer aos residentes um refúgio para descanso ou facilitar a prática de atividade física. Os poucos locais existentes estão principalmente na zona costeira do bairro, visando atingir o público turístico.

2.2. COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS

Para alcançar os resultados necessários nesse estudo, utilizou-se métodos de sensoriamento remoto, pois proporciona uma facilidade para compreender a fenologia da vegetação em várias resoluções, possibilitando fornecer informações detalhadas para o planejamento de áreas verdes urbanas em residências e vias públicas. Além disso, serve como uma ferramenta eficaz de comunicação para autoridades envolvidas no planejamento local.

Nesse sentido, o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é uma das ferramentas mais essenciais para avaliar a cobertura vegetal de uma determinada região a partir de dados de dados orbitais (Aburas et al., 2015, p. 239). Os resultados desse índice, proposto por Rouse et al. (1974), são normalizados em uma escala de -1 a 1, onde valores mais próximos de 1 indicam vegetação densa e saudável, enquanto valores próximos de -1 sugerem a ausência de vegetação, com a presença de superfícies não vegetativas, como solo exposto. O NDVI é utilizado para detectar diferentes tipos de cobertura de terra e mudanças causadas por atividades humanas, como construção e outros projetos de desenvolvimento (Ahmad e Sharif, 2016).

Já o Índice por Diferença Normalizada de Áreas Construídas (NDBI) é utilizado para destacar o adensamento de construções e manchas urbanas. Proposto por Zha et al. (2003, p. 585), esse índice varia de -1 a 1, com valores próximos a 1 indicando a presença e a densidade de áreas urbanas e solo exposto.

Para tanto, foram utilizados dados do produto da série LANDSAT- Land Remote Sensing Satellite, coleção 2, nível 1, calibrados para o topo da atmosfera (TOA), obtidos nos datasets da ferramenta Google Earth Engine (GEE), que apresenta uma boa resolução espacial de 30 metros. Para abranger todo o período temporal abordado na pesquisa, foram selecionadas cenas entre o período de 2007 e 2024, com a escolha dos produtos Landsat 7 para o ano de 2007 e Landsat 8 para 2024, visando obter melhores resultados devido às melhorias e atualizações na qualidade das imagens dos sensores mais recentes.

Em seguida, as imagens passaram por um filtro de seleção quanto à quantidade de nuvens, sendo escolhida a imagem com a menor quantidade de porcentagem de cobertura nublada, com o objetivo de minimizar a influência das nuvens no resultado do processamento. Além disso, para obter dados exclusivamente da região de estudo, as cenas adquiridas foram recortadas utilizando o arquivo *shapefile* do bairro.

Para o cálculo do NDBI foram utilizadas as bandas do infravermelho próximo (0,77 – 0,90 μm), banda 4, e do infravermelho médio (1,55 – 1,75 μm), banda 5, para o Landsat 7. Para o Landsat 8, foram utilizadas as bandas correspondentes do infravermelho médio (1,57 – 1,65 μm), e o infravermelho próximo (0,85 – 0,88 μm), que correspondem, respectivamente, aos comprimentos de onda encontrados na banda 6 e a banda 5.

O cálculo do NDBI foi realizado por meio da equação 01:

$$\text{NDBI} = \frac{(\text{IVM} - \text{IVP})}{(\text{IVM} + \text{IVP})} \quad (\text{eq. 01})$$

Onde:

IVM: Reflectância da superfície nos comprimentos de onda do infravermelho médio;

IVP: Reflectância da superfície nos comprimentos de onda do infravermelho próximo.

Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas as bandas do vermelho (0,63 – 0,69 μm) e do infravermelho próximo (0,77 – 0,90 μm) nos satélites Landsat 7, correspondentes às bandas 3 e 4, respectivamente. Já para os satélites Landsat 8 e 9, foram utilizadas as bandas do vermelho (0,64 – 0,67 μm) e do infravermelho próximo (0,85 – 0,88 μm), correspondendo às bandas 4 e 5, respectivamente.

O cálculo do NDVI foi realizado por meio da equação 02:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (\text{eq. 02})$$

Por último, para obter a evolução do NDBI e NDVI ao longo do período estudado, foi realizado a diferença entre o NDBI das cenas de 2024 e 2007 (Equação 03) e semelhantemente, a diferença entre o NDVI das cenas de 2024 e 2007 (Equação 04), através da calculadora raster do software QGIS 3.28, a partir das imagens exportadas do GEE.

$$\Delta NDBI = NDBI (2024) - NDBI (2007) \quad (03)$$

$$\Delta NDVI = NDVI (2024) - NDVI (2007) \quad (04)$$

A partir dos resultados obtidos, será possível observar a presença de vegetação no local de estudo, bem como a quantidade de vegetação suprimida pelo adensamento das construções e pela expansão da mancha urbana ao longo dos anos analisados. Para isso, foi desenvolvida uma codificação em Python, na qual foram identificados a quantidade de pixels existentes maiores que 0,01, correspondendo às áreas urbanizadas no NDBI, e os pixels com valores superiores a 0,30, correspondendo à vegetação no NDVI. Dessa forma, considerando a resolução espacial de 30 m x 30 m de cada pixel nas imagens do Landsat, foi possível calcular as áreas em km².

Seguindo, mapeou-se a quantidade de espaços verdes públicos e de lazer no bairro de Tambaú, avaliando como esses espaços estão distribuídos de acordo com a densidade populacional. Para a análise quantitativa da distribuição de áreas verdes no bairro, foi utilizado dados cartográficos disponíveis no banco de dados da Prefeitura de João Pessoa (Filipéia, 2024), assim como imagens obtidas pelo Google Earth. Na análise qualitativa, foram realizadas visitas no local, para registros fotográficos e observação da distribuição espacial, com intuito de possibilitar a melhor percepção da área estudada. Destaca-se que os mapas utilizados nesta pesquisa foram no software de plataforma livre QGIS 3.28.

Destaca-se que os mapas utilizados nesta pesquisa foram no software de plataforma livre QGIS 3.28.

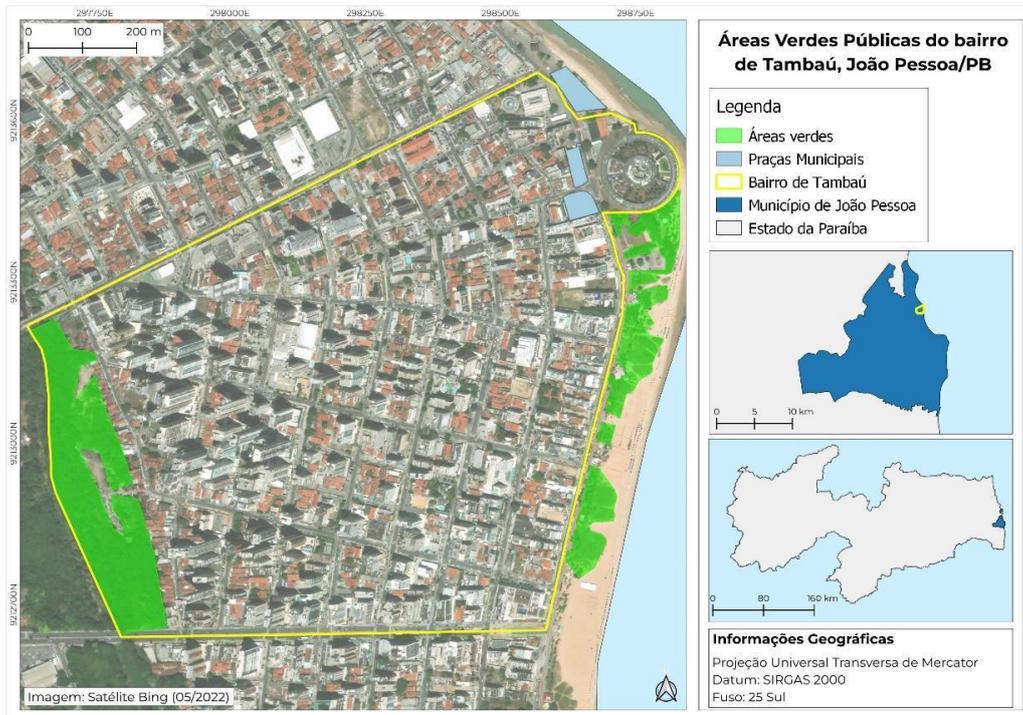
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O bairro conta com três espaços verdes públicos (Figura 3). O Largo Tambaú, possui área de 3876 m² e está situado na Orla, onde há presença de espaços privados de comércio. Trata-se de um ponto turístico conhecido na cidade, pois faz divisa com o bairro Cabo Branco, espaço frequentado tanto para atividade física dos moradores quanto ponto de encontro e lazer de visitantes. Os outros dois pontos considerados pela prefeitura como áreas verdes públicas também são praças, sendo uma delas na feirinha de Tambaú (Praça Professor Vicente Trevas Filho) e a outra localizada ao lado do Tambaú Refeições (Praça Santo Antônio). Ambos estão localizados em frente ao antigo Hotel Tambaú, outro marco turístico e histórico da cidade.

Nota-se no mapa a escassez de áreas verdes públicas no bairro de Tambaú, de modo que os únicos locais teoricamente destinados ao lazer e a recreação da população estão localizados na área turística do bairro, de modo que não abrange toda os moradores da região, e implica em benefícios apenas para a parte que frequenta a orla do bairro. Devido à intensa atividade construtiva e à falta de planejamento, essas áreas não foram priorizadas. Também é

possível identificar que o predomínio de área verde do bairro está localizado na Área de Preservação Ambiental (APP) que fica ao redor do Rio Jaguaribe, destacando que as áreas centrais do bairro carecem de espaços verdes.

Figura 3. Mapa das áreas verdes do bairro de Tambaú, João Pessoa/PB.



Fonte: Autores, (2024).

Imagens registradas no local demonstram que mesmo os espaços classificados pela prefeitura do município de João Pessoa como áreas verdes públicas apresentam baixo nível de vegetação, com poucas árvores e ausência de espaços gramados (Figura 4). Além das vias asfaltadas próximas, os locais são predominantemente calçados, o que pode agravar a sensação de desconforto térmico, devido à dificuldade de absorção dos raios solares pelo solo compactado. As ruas do bairro também possuem pouca arborização, onde a maioria das árvores e plantas estão dentro das residências dos moradores, havendo assim ausência de sombra nas calçadas, o que pode aumentar a sensação térmica dos moradores que utilizam as vias para locomoção. Destaca-se que área mais arborizada do bairro fica nas regiões da orla, sendo talvez essa a região mais confortável e agradável termicamente.

Silveira e Silveira (2014) analisaram o impacto da verticalização na qualidade de vida dos moradores de Tambaú, utilizando a ferramenta Qualidade do Espaço Residencial (QER), observaram em sua investigação duas variáveis que podem interferir na qualidade de vida dos moradores, a verticalização e a alta densidade. Os autores alegam que tais fatores podem modificar o tráfego de veículos, sendo necessários espaços para estacionamento, alterando a presença da cobertura vegetal no bairro. O estudo identificou que nas ruas com maior verticalização a presença de vegetação era menor. Dessa forma, os autores destacam a importância do planejamento, pois a verticalização pode trazer mudanças significativas como congestionamento, poluição e carência de espaços verdes e lazer públicos, impactando negativamente a qualidade de vida dos habitantes.

Figura 4. Registros fotográficos de diferentes locais do bairro de Tambaú.



Fonte: Autores, (2024).

3.1. NDVI

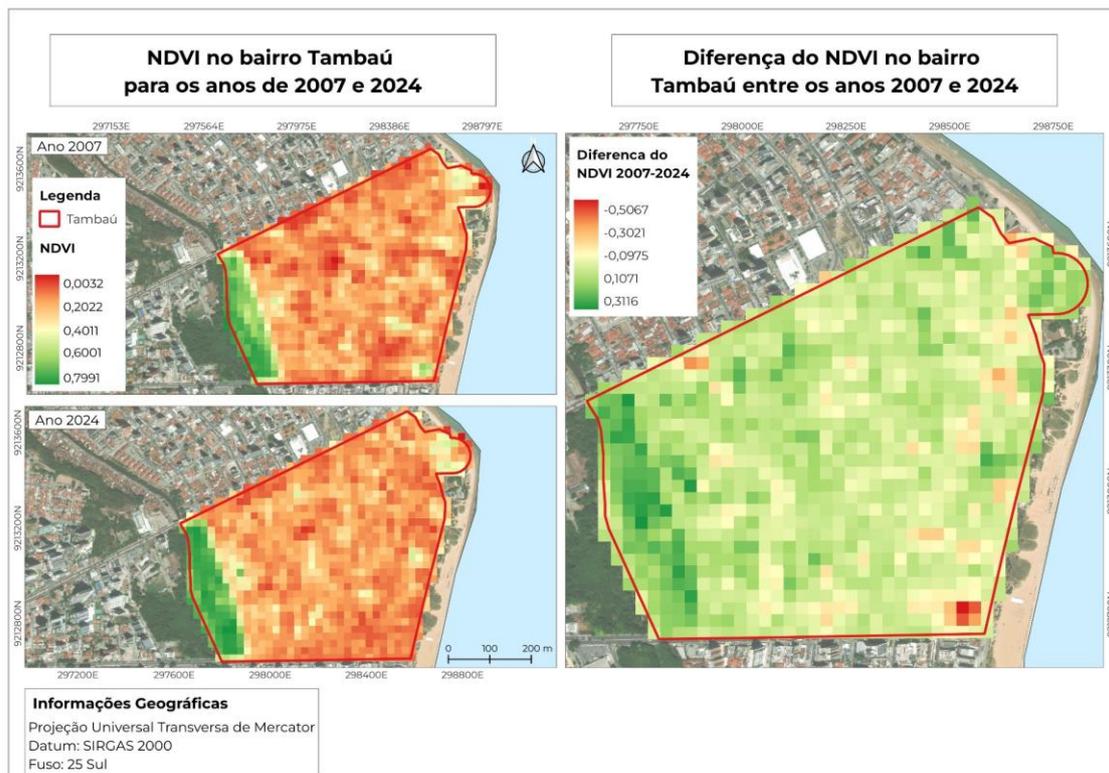
Com a expansão urbana, evidencia-se o aumento das áreas construídas, o que normalmente resulta na perda da vegetação nativa. Medeiros et al., (2010, p.10) afirma que o avanço sobre a área vegetada pode estar relacionado à expansão da urbanização. Sabendo que em análises NDVI, os valores próximos de 1 (um) representam uma maior densidade de vegetação, é possível observar com clareza pelos mapas a dinâmica dessa expansão e o impacto sobre a vegetação no bairro. Comparando os resultados dos anos de 2007 e 2024, nota-se que

Tambaú não apresenta áreas significativas de vegetação, com exceção da APP próxima a divisa com o bairro Miramar (Figura 5). Isso pode ser explicado devido ao rápido crescimento do bairro. A construção da Av. Epitácio Pessoa, em 1930, levou a população que residia pelos arredores do centro da cidade em direção à área litorânea, resultando em um crescimento rápido e desordenado iniciado pelo bairro de Tambaú (Filipéia, 2024, p. 64; Silveira et al., 2007). Esse crescimento rápido gerou a ocupação de quase toda a área disponível, evidenciando os poucos espaços verdes existentes.

Atualmente o bairro continua se desenvolvendo, todavia de maneira vertical, com a substituição das casas por prédios ou edifícios, de modo a comportar o crescimento urbano. Silveira (2007) afirma que o Hotel Tambaú incrementou o processo de expansão da orla que, em parte, teve a paisagem natural rapidamente transformada. A verticalização da zona costeira ocorre como um processo de adensamento populacional, onde o mercado imobiliário disponibiliza cada vez mais moradias. Onde havia residências horizontais, derrubam-se as casas e se constrói edifícios de múltiplos pavimentos (Souza, 2013, p. 24). Isso corrobora com os dados, que apresentam uma pequena variação entre os anos 2007 e 2024, justamente devido ao crescimento vertical do bairro.

Em relação a área de APP localizada no bairro, observa-se uma alteração entre os anos de 2007 e 2024. De acordo com os mapas, a quantidade de vegetação dessa área em 2007 era de 0,1782 km², enquanto em 2024 aumentou para 0,2025 km², sendo possível considerar que houve um processo de revitalização do local. E isto é corroborado na Figura 6, comparando imagens dessa área entre 2013 e 2024, comprovando que realmente houve a revitalização dessa área. Destaca-se que essa área da APP apresentou os resultados de NDVI mais significativos, pois é a área de maior densidade de vegetação do bairro.

Figura 5. Análise espaço-temporal do NDVI para o bairro de Tambaú, 2007 e 2024.



Fonte: Autores (2024).

Figura 6. Imagens da APP (Rio Jaguaribe) nos anos de 2013 e 2024, respectivamente.

APP (Rio Jaguaribe – divisa entre os bairros Tambaú e Miramar)



Fonte: Autores (2024).

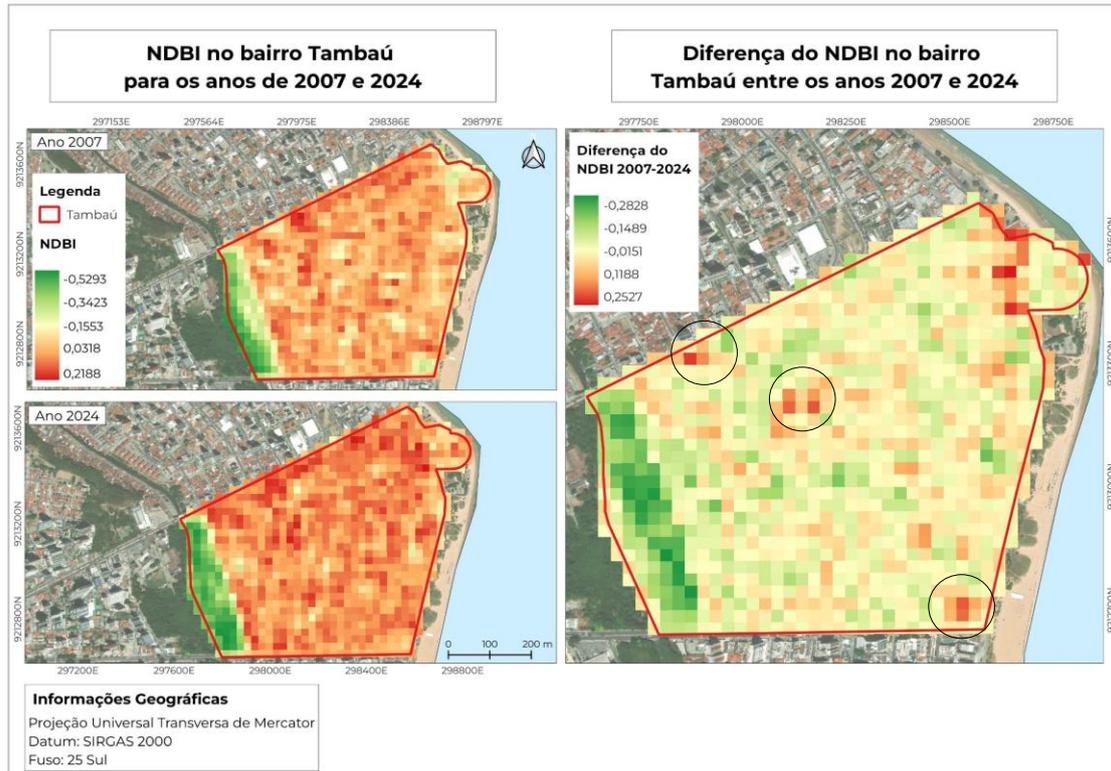
3.2. NDBI

Em relação aos resultados das análises de NDBI, sabe-se que valores mais próximos de 1 (um) representam um maior adensamento de áreas construídas. Logo, nota-se um avanço na coloração entre os anos de 2007 e 2024, de modo que 2024 apresenta mais locais com valores iguais ou acima de 0,22, o que pode ser justificado pelo crescimento vertical do bairro, com presença de áreas construídas mais extensas do que em 2007 (Figura 7). Como mencionado anteriormente, o crescimento e desenvolvimento da zona urbana de Tambaú ocorreu após a construção da Av. Epitácio Pessoa, em 1930, e se deu de forma acelerada. Logo, é esperado que atualmente a mudança desse cenário ocorra de maneira vertical, com a substituição de casas por edifícios, visto que já é uma área bastante urbanizada.

Nesse contexto, o mapa da diferença do NDBI entre os anos 2007 e 2024 apresenta os locais mais significativos em que houve esse aumento de área construída (Figura 7). Destaca-se três locais em que essa alteração foi bem expressiva, indicando locais em que possivelmente os espaços verdes foram substituídos por construções.

Em relação a valores, observa-se uma alteração entre os anos de 2007 e 2024. De acordo com os mapas seguintes, a quantidade de vegetação dessa região em 2007 era de 0,2367 km², enquanto em 2024 aumentou para 0,2261 km², sendo possível considerar que houve um crescimento e expansão de áreas construídas ao longo do tempo.

Figura 7. Análise espaço-temporal do NDBI para o bairro de Tambaú, 2007 e 2024.



Fonte: Autores (2024).

Analisando esses locais específicos pelo Google Earth, observa-se uma alteração significativa na Av. Senador Ruy Carneiro, conforme ilustrado na Figura 8. Em 2013 havia um espaço permeável, com solo exposto e presença de árvores, enquanto atualmente observa-se que esse local foi totalmente impermeabilizado para a construção de um galpão. Esse espaço poderia ser utilizado, por exemplo, para a implantação de uma área verde, a fim de equilibrar com toda a região asfaltada e possivelmente auxiliar na diminuição de ilhas de calor na região, além de ser uma alternativa de espaço verde público.

Figura 8. Imagens do terreno na Av. Sen. Ruy Carneiro nos anos de 2013 e 2024, respectivamente.

Av. Sen. Ruy Carneiro, nº 1635, bairro: Tambaú



Fonte: Google Earth (2013)



Fonte: Google Earth (2024)

Fonte: Autores, (2024).

A Figura 9 apresenta outra alteração significativa, localizada na orla, em uma área aproximadamente de 6 mil metros quadrados, destacada no mapa de NDBI. Esse quarteirão, que fica ao lado do conhecido “Busto de Tamandaré” foi completamente compactado, com uma

construção que ocupou toda a área, com a inserção de pouca vegetação, destinada apenas a fins paisagísticos. A terceira região significativa não foi destacada pelo Google Earth, pois o local foi alterado antes do ano de 2013, de modo que o programa não mostra imagens anteriores a essa data.

Figura 9. Imagens do terreno Av. Alm. Tamandaré nos anos 2013 e 2024, respectivamente.

Av. Alm. Tamandaré, 1710, bairro: Tambaú



Fonte: Google Earth (2013)



Fonte: Google Earth (2024)

Fonte: Autores, (2024).

Ainda, destaca-se que devido a área do bairro ser relativamente pequena, e já possuir um nível de desenvolvimento avançado desde antes da análise realizada, os resultados não demonstraram valores significativos, com exceção de pontos específicos. É comum encontrar imagens de satélite para realizar tais análises apenas a partir de 2000, e Tambaú já estava com sua área consolidada nesse período.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento urbano é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades, proporcionando um equilíbrio entre áreas construídas e espaços verdes. A presença de espaços verdes é importante não apenas para a estética e o embelezamento urbano, mas principalmente para o bem-estar físico, psicológico e social dos habitantes.

O crescimento urbano acelerado de João Pessoa resultou em um adensamento populacional significativo e na transformação da paisagem urbana. Nesse sentido, o bairro de Tambaú demonstra uma clara falta de espaços verdes adequados para atender às necessidades da população local. A predominância de áreas construídas e a ausência de planejamento adequado resultaram em uma vegetação limitada, contribuindo para o desconforto térmico e reduzindo a qualidade de vida dos moradores.

A análise do NDVI e NDBI revelou uma necessidade de um planejamento urbano que priorize a integração de espaços verdes. A ausência desses espaços pode levar a uma série de problemas ambientais e sociais, incluindo aumento de ilhas de calor, poluição do ar, e problemas de saúde mental e física. Investir em áreas verdes é investir na saúde e na qualidade de vida da população urbana.

Por fim, sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados abrangendo mais bairros, ou considerando a área completa de João Pessoa, para que haja uma maior abrangência de resultados e que seja possível realizar comparações entre a qualidade de vida entre os bairros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABURAS, M. M., ABDULLAH, S. H., RAMLI, M. F., & ASH'AARI, Z. H. Measuring Land Cover Change in Seremban, Malaysia Using NDVI Index. *Procedia Environmental Sciences*, v. 30, p. 238–243, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.043>.
- AHMAD, N. A., SHARIF, L. Z. Utilizing Landsat imageries for land surface temperature (LST) analysis of the Penang Island. *International Conference on Space Science and Communication*, p. 193-198, 2016. DOI: [10.1109/IconSpace.2015.7283786](https://doi.org/10.1109/IconSpace.2015.7283786).
- ANDRADE, M. N. M. M.; JERONIMO, C. E. M. Diagnóstico da arborização do espaço urbano da Cidade de João Pessoa, PB. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 194-208, 2015. DOI: [105902/2236130817785](https://doi.org/10.5902/2236130817785).
- DE ARAÚJO, R. R. P. M.; MENESES, T. C. B.; MORAIS, J. M. S. C. Ruído de tráfego: mapeamento do bairro Tambaú, João Pessoa/PB. *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, v. 17, p. 1-10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46421/encac.v17i1.4188>.
- DOS SANTOS, B. Q.; DA SILVA, L. B.; AVELINO, A. D. Análise das características morfológicas urbanas do município de João Pessoa. *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, v. 17, p. 1-9, 2023. DOI: <https://doi.org/10.46421/encac.v17i1.4066>.
- FILYPEIA. *Mapas da cidade. Atlas municipal*. 2024. Disponível em: <https://filipeia.joaopessoa.pb.gov.br/>. Acesso em: 27 de jun. de 2024.
- INICIATIVA CIDADES EMERGENTES E SUSTENTÁVEIS (ICES). *Plano de Ação João Pessoa Sustentável*. João Pessoa, 2014. 71 p.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. *Métodos de pesquisa*. Plageder, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52806/000728684.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 29 de jan. 2025.
- MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Áreas verdes urbanas: história, conceito e importância ecológica. *CES Revista*, v. 29, n. 1, p. 30-42, 2015. ISSN 1983-1625.
- LEITE, E. R. *Urbanismo, cidade e saúde: Percurso Histórico e visões atuais da salubridade urbana*. 1 ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 228 p. 2021.
- LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A Influência das áreas verdes na Qualidade de Vida Urbana. *HYGEIA: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014. ISSN: 1980-1726.
- MEDEIROS, J. M. M.; ULIANA, B. B.; ARAÚJO, D. S. Áreas de Preservação Permanente urbanas e parques lineares na Região Norte: conflitos na Lagoa dos Índios, Macapá–Amapá. *Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)*, v. 18, p. 1-19, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v18i0p1-19>.
- PINHEIRO, C. R.; DE SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e1201767-82>.
- PLANO DE AÇÃO. *João Pessoa Sustentável*. 2020. Disponível em: https://polis.org.br/wp-content/uploads/2020/03/Plano_de_Acao_Joao_Pessoa_ICES.pdf. Acesso em: 11 de jul. de 2024.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ*, v. 351, n. 1, p. 309, 1974, 1974.
- RUBIRA, F. G. (2016). Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espaços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p134>
- SILVA, A. D. P.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, L. M. Índices de área verde e cobertura vegetal das praças públicas da cidade de Gurupi, TO. *FLORESTA*, v. 46, n. 3, p. 353-362, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufv.v46i3.40052>
- SILVEIRA, F. A.; SILVEIRA, J. A. R. Qualidade do espaço residencial: efeitos da verticalização no bairro de Tambaú, na cidade de João Pessoa (PB). *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 6, p. 289-305, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7213/urbe.06.003.AC02>
- SILVEIRA, J.A.R. da; LAPA, T. de A.; RIBEIRO, E. L. (2007). Percursos e processo de evolução urbana: uma análise dos deslocamentos e da segregação na cidade. *Arquitextos Vitruvius*, ano 08, ISSN 1809-6298. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.090/1915ola-Morales> Acesso em: 29 jan. 2025.

SOUSA, R. T. de. (2013). A Evolução da Ocupação de Tambaú – Do Início do Século XIX Ao Século XXI. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza – Departamento de Geociências. João Pessoa.

SOUZA, A. G. L. (2004). Encantamento, desencantamento e pertença: O bairro de Tambaú pela sua heterogeneidade de atores sociais. Associação Nacional de História/ Núcleo Regional de Pernambuco- ANPUH.

VÁSQUEZ, A.; GIANNOTTI, E.; GALDÁMEZ, E.; VELÁSQUEZ, P.; DEVOTO, C. Green infrastructure planning to tackle climate change in Latin American cities. **Urban Climates in Latin America**, p. 329-354, 2019. DOI: 10.1007/978-3-319-97013-4_13.

VILANOVA, S. R. F.; MAITELLI, G. T. A importância da conservação de áreas verdes remanescentes no centro político administrativo de Cuiabá-MT. **UNICIÊNCIAS**, v. 13, p. 87-103, 2009. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2009v13n1p%25p>. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/932>. Acesso em: 29 jan. 2025.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International journal of remote sensing**, v. 24, n. 3, p. 583-594., 2003. DOI: 10.1080/01431160304987

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

- **Sara Angélica Santos de Souza:** teve a ideia central do estudo e ajudou a definir os objetivos e a metodologia. Também ajudou a desenvolver e ajustou as metodologias aplicadas no estudo, e escreveu a primeira versão do manuscrito.
- **Ivonete Borne:** teve a ideia central do estudo e ajudou a definir os objetivos e a metodologia. Ajudou a desenvolver e ajustou as metodologias aplicadas no estudo, e escreveu a primeira versão do manuscrito.
- **Rafael Santos Cruz:** desenvolveu e ajustou as metodologias aplicadas no estudo, e escreveu a primeira versão do manuscrito.
- **Victhor Brenno Farias Teixeira:** organizou e verificou os dados para garantir sua qualidade, e realizou as análises dos dados, aplicando métodos específicos.
- **José Augusto Ribeiro da Silveira:** revisou o texto, melhorando a clareza e a coerência, e revisou e ajustou o manuscrito para garantir que atende às normas da revista.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Sara Angélica Santos de Souza, Ivonete Borne, Rafael Santos Cruz, Victhor Brenno Farias Teixeira e José Augusto Ribeiro da Silveira, declaramos que o manuscrito intitulado "**Análise dos espaços verdes urbanos por sensoriamento remoto em um bairro de João Pessoa/PB**":

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Nenhuma instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento deste estudo.

2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
-