

## Aplicação de Índices Espectrais (NDVI e NDWI) no Mapeamento do Uso do Solo na bacia do Una em Belém/PA.

### Application of Spectral Indices (NDVI and NDWI) in Land Use Mapping in the Una Basin, Belém, State of Pará, Brazil.

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues<sup>1</sup>  
Marco Antônio Araujo de Sousa<sup>2</sup>  
Moises Goncalves Pizon<sup>3</sup>  
Rafael do Nascimento Pires<sup>4</sup>  
Ana Paula Bragança da Silva<sup>5</sup>  
Lindemberg Lima Fernandes<sup>6</sup>  
Luiza Carla Girard Mendes Teixeira<sup>7</sup>

Área Temática 05: (Meio Ambiente)  
Modalidade: Resumo expandido

#### Resumo

A Bacia Hidrográfica do Una, localizada em Belém do Pará, destaca-se pela expressiva urbanização e pelos impactos ambientais decorrentes da expansão desordenada do uso do solo. Este estudo tem como propósito analisar a cobertura vegetal e a disponibilidade hídrica superficial da bacia, utilizando os índices espectrais NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e NDWI (Normalized Difference Water Index) aplicados a imagens do satélite Landsat 8. As imagens, adquiridas durante o período seco, passaram por correções geométricas e radiométricas, possibilitando a extração precisa das informações espectrais. Os resultados revelam uma redução significativa das áreas vegetadas, com mais de 70% da bacia composta por regiões de baixa ou muito baixa atividade fotossintética. Além disso, os dados de NDWI apontam para predominância de áreas com baixos níveis de umidade, resultado direto da impermeabilização crescente. A análise integrada desses índices evidencia o desequilíbrio entre a ocupação urbana e a preservação ambiental, reforçando a urgência de intervenções voltadas ao aumento da cobertura verde, requalificação das áreas de solo exposto e mitigação dos riscos associados à escassez de áreas permeáveis. O estudo reforça a importância das geotecnologias como suporte ao planejamento territorial e à formulação de políticas públicas sustentáveis em contextos urbanos críticos como o de Belém.

**Palavras-chave:** NDVI; NDWI; Sensoriamento remoto; Urbanização; Cobertura vegetal; Planejamento urbano sustentável.

#### Abstract:

Belém do Pará, the capital of the Amazon region, faces significant urban and environmental challenges, particularly in the Estrada Nova Watershed—an area characterized by intense urbanization, occupation of flood-prone zones, and the presence of macro-drainage channels. This study aims to identify land use and land cover patterns, construction intensity, and urban spatial dynamics through remote sensing techniques and

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará; rssr@ufpa.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará; ufpamarcoaraujo@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pará; moisespizon20@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal do Pará; rafael.np29@gmail.com

<sup>5</sup> Universidade Federal do Pará; paulabraganca1245@gmail.com

<sup>6</sup> Universidade Federal do Pará; linlimfer@gmail.com

<sup>7</sup> Universidade Federal do Pará; luiza.girard@gmail.com

geotechnologies using the NDBI and Built-up spectral indices. Satellite images from the Thematic Mapper (TM) and Operational Land Imager (OLI) sensors aboard Landsat 8 were selected based on quality criteria and low cloud cover, and were digitally processed to map built-up, vegetated, and bare soil areas. The results show that Belém exhibits spatially diverse urban occupation, while Estrada Nova is marked by medium to high-density built-up areas, indicating strong urban pressure and low soil permeability. NDBI analysis revealed a balanced distribution in the capital and moderate occupation in the watershed, while the Built-up index more accurately highlighted the intensity and extent of urbanized areas. The study concludes that the integrated analysis of geospatial data is essential to support land use planning and environmental management policies. It reinforces the importance of using watersheds as operational planning units, focusing on sustainability, green area expansion, and mitigation of soil sealing impacts, thus promoting more balanced and resilient urban development.

**Keywords:** NDVI; NDWI; Remote sensing; Urbanization; Vegetation cover; Sustainable urban planning.

## 1. Introdução

A dinâmica entre o ser humano e o meio ambiente é um aspecto central nos estudos sobre uso e ocupação do solo, fundamentais para compreender as transformações territoriais ao longo do tempo (DUTRA; BRIANEZI; COELHO, 2020). No contexto amazônico, a urbanização acelerada e seus impactos sobre a vegetação demandam o uso de geotecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto, para monitorar e analisar as mudanças no uso do solo (RODRIGUES; MEDEIROS, 2022).

Essas ferramentas possibilitam a observação da superfície terrestre sem a necessidade de percorrer integralmente a área estudada, facilitando a quantificação das áreas urbanizadas e vegetadas, bem como a análise temporal de sua evolução. (DUSI; BUENO, 2016). Destacam a importância da identificação do uso do solo compatível com as características ambientais locais, enquanto Custódio e Oliveira (2017) alertam para os efeitos da legislação sobre o agravamento dos problemas ambientais urbanos. A cidade de Belém, assim como diversas outras no Brasil, passou por um processo de urbanização acelerada desde a década de 1980, o que resultou em desafios como a insuficiência de infraestrutura e a expansão das áreas construídas em detrimento da vegetação nativa.

Adicionalmente, este estudo visa subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano sustentável, buscando mitigar os impactos ambientais e promover um desenvolvimento equilibrado. A integração entre o uso do solo, a gestão dos recursos hídricos e o controle do crescimento urbano constitui uma abordagem fundamental para a melhoria da qualidade de vida na cidade (PMB, 2014; VINAGRE et al., 2017).

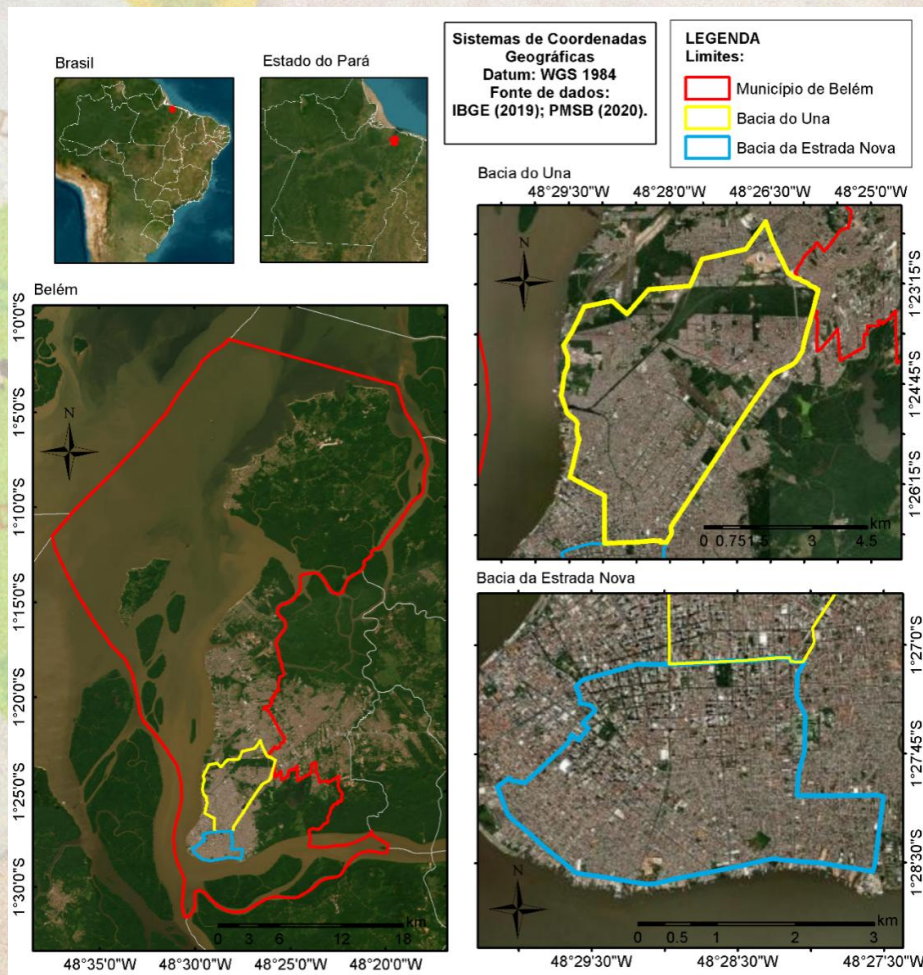
A utilização de geotecnologias, especialmente o sensoriamento remoto e os SIG, tem se consolidado como ferramenta essencial para o monitoramento e análise das transformações espaciais. Os índices espectrais NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e NDWI (Normalized Difference Water Index), derivados de imagens de satélite, permitem a avaliação da cobertura vegetal e da umidade superficial, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento territorial e a gestão ambiental.

O presente estudo tem como objetivo aplicar os índices NDVI e NDWI na bacia do Una, com o propósito de mapear os padrões de uso do solo, bem como os efeitos da urbanização sobre a vegetação e os recursos hídricos. Dessa forma, busca contribuir com informações estratégicas para ações de mitigação e para a elaboração de políticas públicas sustentáveis efetivas adaptadas à realidade urbana de Belém.

## 2. Metodologia

O estudo foi realizado em Belém, capital do Pará, com foco nas bacias da Estrada Nova e do Una, sendo evidenciado na figura abaixo:

Figura 1. Mapa das áreas de estudo.



Fonte: Autores, 2025

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMB, 2014) foi elaborado para orientar ações públicas e privadas relacionadas ao saneamento básico em Belém. No entanto, falhas foram identificadas, como a não delimitação correta das bacias hidrográficas e a ausência de

abordagem sobre manejo de resíduos sólidos, limpeza urbana e drenagem (BRAGA, BARBOSA E ALMEIDA, 2014).

Belém é caracterizada pela presença da Baía do Guajará a leste, acessível por barco até a Ilha de Marajó, e pelo rio Guamá a oeste, navegável e que conduz à região Noroeste do estado. Ambas as massas d'água contribuem para paisagens fluviais marcadas por canais pavimentados, valões e esgotos a céu aberto (SOARES, 2021).

O PMSB (2020) identificou 47 bacias hidrográficas em Belém, relacionadas aos sistemas de drenagem e à topografia, servindo como ferramenta para o planejamento urbano do município. A complexidade dos temas relacionados aos rios urbanos e bacias hidrográficas urbanas na Amazônia é reconhecida, considerando a urbanização desigual dessa região (COSTA et al., 2021).

O desafio em Belém envolve áreas sem planejamento ocupadas por terrenos impróprios para construção, como terrenos rebaixados e sujeitos a fenômenos de marés, resultando na geração ou intensificação de áreas de risco. É crucial avaliar elementos socioeconômicos e biofísicos com igual peso, pois ambos orientam as transformações no espaço geográfico (ARAÚJO JÚNIOR; AZEVEDO, 2022).

### Bacia do Uma

A maior bacia em área territorial no município é o Una, com 3.805,33 ha (PMB, 2019). Contudo, segundo o PMSB (2020), as maiores são Marimari, Murubira e Murucutum, com o Una destacando-se pela área urbana mais extensa. Conflitos de delimitação entre CODEM e SESAN aplicam-se ao Una, especialmente na porção sul, onde parte do Umarizal drena para o canal da Docca (bacia do Armas), corretamente subtraída pela SESAN.

Segundo o PMSB (2020), o Una possui 3.681,0 ha, totalmente em área urbana, abrigando, em 2010, cerca de 613.373 habitantes, correspondendo a 44% da população total de Belém. A urbanização gera canais de macrodrenagem, representando 28,7% da extensão total em Belém, totalizando 27.035 metros na bacia, segundo o PMSB (2020).

A bacia do Una abrange 20 bairros de Belém, sendo 16 totalmente (Barreiro, Benguí, Cabanagem, Castanheira, Fátima, Mangueirão, Maracangalha, Marambaia, Miramar, Parque

Verde, Pedreira, Sacramento, Souza, Telégrafo, Una e Val-de-Cans) e 4 parcialmente (Marco, Nazaré, São Brás e Umarizal).

Vinagre et al. (2017) destacam o Projeto de Macrodrenagem da Bacia do Una – PMBU como resposta aos problemas da ocupação desde 1950. Executado pelo Governo do Pará e Prefeitura de Belém, financiado pelo BID, visava prevenir inundações, erosões e assoreamentos. No entanto, a ocupação intensa e falta de conscientização da população contribuem para riscos e inundações.

A bacia passou por intervenções urbanísticas desde 1976 com o Programa de Recuperação das Baixadas de Belém (PRB), prevendo a remoção de famílias. Tozi (2020) registra que o Una, com 18 igarapés e 3.626 ha, passou por intervenções, incluindo drenagem, retificação e revestimento de igarapés, totalizando 12 km. Apesar disso, parte da população vive em condições precárias, devido aos agravos ambientais e políticas públicas (SOARES, 2021).

### Processamento de imagens

A utilização de índices espectrais para avaliar o uso do solo visa confirmar as afirmações de Zaldo-Aubanell et al. (2021) e Huang e Lu (2015) sobre como mudanças na cobertura do solo podem afetar a saúde humana e o clima. A obtenção do NDVI ocorreu por meio das imagens dos satélites Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8. A escolha das imagens seguiu critérios de qualidade e cobertura de nuvens, manipulando as imagens do Landsat 8 de 03/08/2023. O mês de agosto está inserido no período menos chuvoso, conforme definido por Moraes e Filho (2018). A utilização dessa imagem associa-se a possibilidade de analisar o período mais crítico recente.

As imagens foram adquiridas junto ao banco de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos, United States Geological Survey (USGS), disponíveis online (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Destaca-se que todas as imagens passaram por correções geométricas, enquanto as cenas do satélite Landsat 8 passaram por conversão radiométrica (16 para 8 bits). Os procedimentos para o processamento digital das imagens foram realizados com base em Zha et al. (2003), He et al. (2010) e Xu (2007).

### Índice de Construções de Diferença Normalizada (NDBI):

## Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI):

O NDVI, derivado de dados de satélite, é essencial para analisar a dinâmica da vegetação verde em resposta à variabilidade climática (KALISA et al., 2019). Segundo Portz, Guasselli e Corrêa (2011), o NDVI é um indicador amplo que monitora o vigor da vegetação em grande escala, revelando variações na cobertura vegetal.

De maneira simplificada, o NDVI mede o verde e a densidade da vegetação em imagens de satélite. A absorção da clorofila, próxima a 0,67  $\mu\text{m}$ , nas faixas de vermelho visível e infravermelho próximo é essencial para esse cálculo (GAO, 1996).

Autores como Janssen et al. (2018) e Soares et al. (2020) enfatizam a utilidade do NDVI na estimativa de parâmetros biofísicos da vegetação, minimizando efeitos topográficos, variando entre  $-1$  e  $+1$ , sendo maior quanto maior a densidade vegetal.

O NDVI é obtido e calculado a partir das imagens de satélite com a fórmula:  $\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$ , sendo NIR a luz refletida na faixa infravermelha e RED a luz refletida na faixa vermelha. Para os dados de Landsat 8:  $(\text{Band } 5 - \text{Band } 4) / (\text{Band } 5 + \text{Band } 4)$ . A classificação do NDVI é apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1.** Classes de NDVI

Intervalos do NDVI	Classes atribuídas
0,6 a 0,8	Vegetação com alta atividade fotossintética
0,4 a 0,6	Vegetação com média atividade fotossintética
0,2 a 0,4	Vegetação com baixa atividade fotossintética
0,1 a 0,2	Vegetação com muito baixa atividade fotossintética
0 a 0,1	Solo exposto
< 0,1	Corpo hídrico

**Fonte:** Oliveira e Aquino (2020).

## Índice Normalizado de Diferença da Água (NDWI):

O Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) apresenta duas formulações propostas por McFeeters (1996) e Gao (1996). Pereira et al. (2018) indicam que o NDWI de Gao (1996) é mais sensível para distinguir o teor de umidade no solo em comparação com o NDWI de McFeeters (1996).

O NDWI de Gao (1996) é utilizado para estimar o teor de umidade na vegetação, calculado pela razão entre as bandas do infravermelho próximo (pnir) e infravermelho médio (pswir), expresso como  $NDWI = (pnir) - (pswir) / (pnir) + (pswir)$ . Usando as Bandas 5 (NIR) e 7 (SWIR) do Landsat 8.

O resultado obtido é classificado em períodos, sendo valores inferiores a 0,52 e iguais ou superiores a 0,52 por pixel. Estes valores representam o limiar de áreas úmidas identificado por Pereira et al. (2018), onde valores iguais ou superiores a 0,52 indicam solos com alta umidade em resposta a períodos acumulados de grande precipitação. Neste estudo, a classificação adota na espacialização das informações será de acordo com o Quadro 2.

**Quadro 2.** Classes de NDWI

NDWI	Grau de umidade
-0,43 a 0,1	Sem água / Severamente seco
0,1 a 0,27	Moderadamente seco
0,27 a 1	Água / Molhado

**Fonte:** adaptado de Ji, Zhang e Wylie (2009).

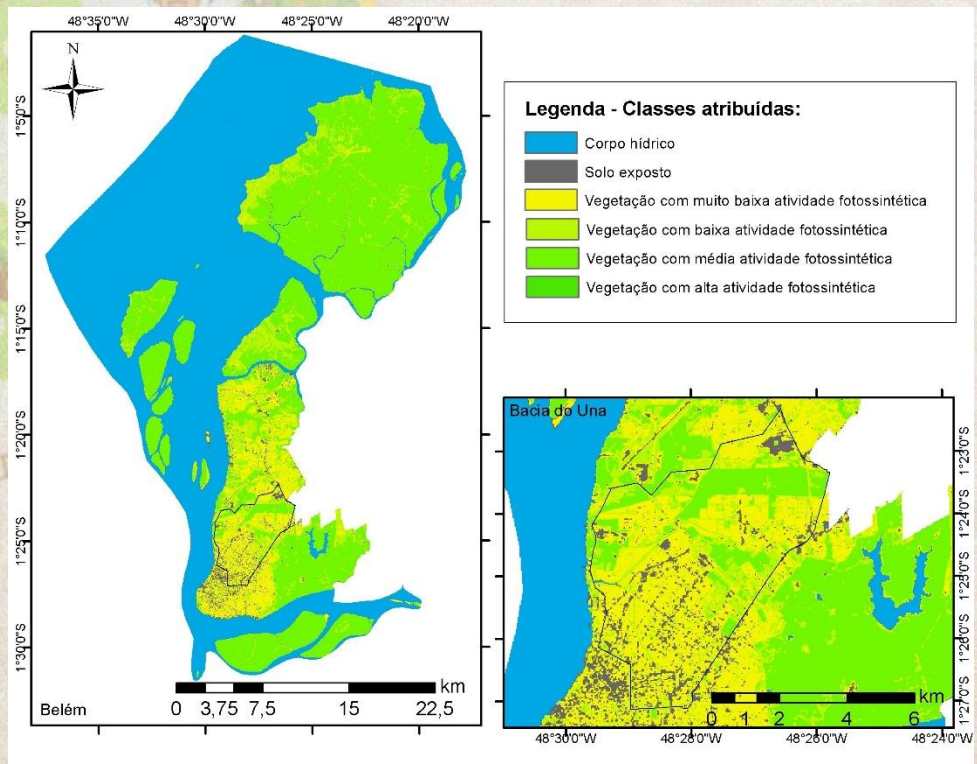
### 3. Resultados/Discussões

Essa análise apresenta uma abordagem dos resultados obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto, para o município de Belém, abrindo detalhamento para a bacia hidrográfica do Una.

### Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI):

No contexto do NDVI, observou-se que o município de Belém apresenta uma predominância de áreas com média atividade fotossintética, refletindo a influência de corpos hídricos e ilhas urbanas na paisagem. Em contraste, as bacias da Estrada Nova e do Una exibem proporções elevadas de áreas com muito baixa atividade fotossintética, sugerindo uma densa urbanização e possíveis impactos ambientais. Essa análise proporciona uma compreensão mais profunda da dinâmica vegetal e seu contexto urbano, conforme apresenta-se na Figura 2 e na Tabela 1

Figura 2. Mapa do NDVI da área de estudo.



Fonte: Autores, 2025.

Tabela 1. Resultados de NDVI para o município de Belém e bacia do Una.

Tabela 1. Resultados de NDVI para o município de Belém e bacias da Estrada Nova e Una.

Classes atribuídas	Belém	Una
--------------------	-------	-----

	Ha	%	Ha	%	%B
Vegetação com alta atividade fotossintética	1,1	0,001	-	-	-
Vegetação com média atividade fotossintética	33.231,5	31,28	614,07	17,74	0,578
Vegetação com baixa atividade fotossintética	8.821,2	8,3	737,73	21,32	0,694
Vegetação com muito baixa atividade fotossintética	7.089,3	6,67	1.745,19	50,42	1,643
Solo exposto	1.637	1,54	361,53	10,45	0,340
Corpo hídrico	55.466,9	52,21	2,52	0,07	0,002
Total	106.247	100	3.461,04	100	3,258

Fonte: Autores, 2025.

O estudo analisa a distribuição da cobertura vegetal e urbanização em Belém, enfocando a bacia do Una. Sendo, a distribuição entre áreas com média e baixa atividade fotossintética é mais equilibrada, indicando ambiente relativamente preservado apresentando altas proporções de áreas urbanas, evidenciando suas densidades urbanas.

A bacia do Una mostra distribuição mais equilibrada entre áreas com média e baixa atividade fotossintética. A predominância de corpos hídricos em Belém confirma a influência marcante dos recursos hídricos na paisagem urbana, sendo essencial para considerações ambientais e gestão urbana.

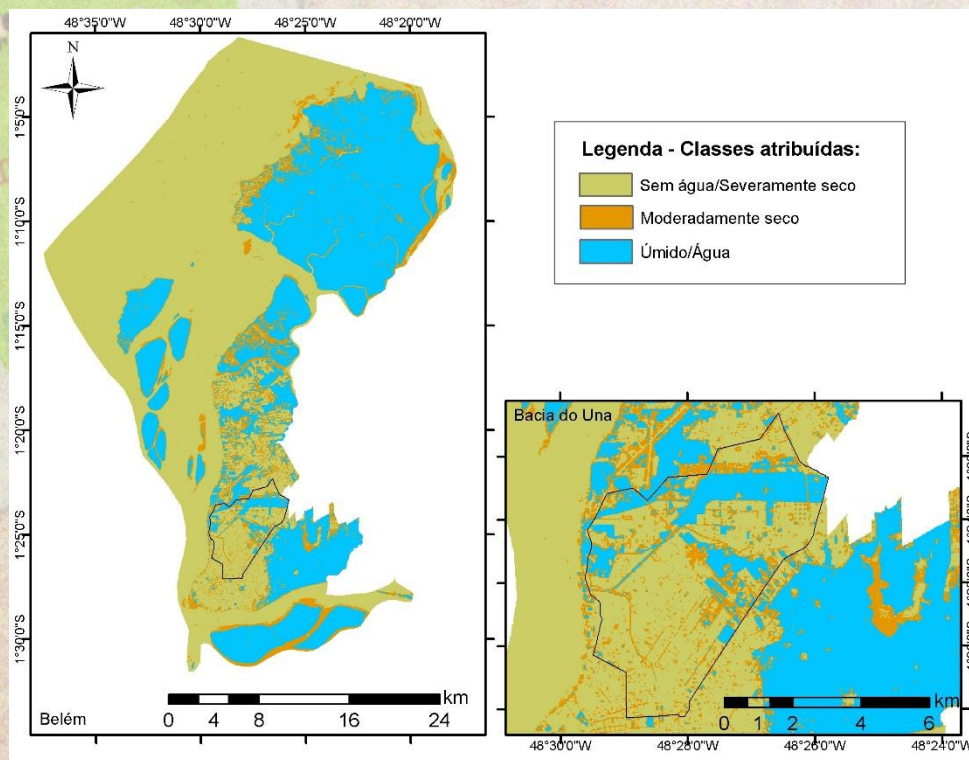
Considerando as classes “Vegetação com média atividade fotossintética” e “Vegetação com baixa atividade fotossintética” como cobertura vegetal, em 2023 Belém apresenta 82,82% de cobertura vegetal e 17,18% de áreas urbanas. bacia do Una tem 39,1% e 60,9% de cobertura vegetal e áreas urbanas.

## Índice Normalizado de Diferença da Água (NDWI):

Ao explorar o NDWI, destacou-se que os corpos hídricos em Belém tiveram uma classificação ambígua, indicando a necessidade de ajustes na interpretação devido à sua significativa extensão no território municipal. Nas bacias da Estrada Nova e do Una, a distribuição das categorias revelou condições hídricas distintas, com a Estrada Nova mostrando uma predominância de áreas sem água/severamente seco e o Una exibindo uma distribuição mais equilibrada entre as categorias.

O processamento do NDWI não foi eficaz para avaliação totalitária do município de Belém, pois os corpos hídricos, que representam a extensão territorial de aproximadamente 52% do município, são classificados como “Sem água/Severamente seco”. Afim de proceder com estimativas, a área referente aos corpos hídricos foi extraída da classe “Sem água/Severamente seco”. Os resultados são apresentados na Figura 3 e na Tabela 2.

**Figura 2.** Mapa do NDWI da área de estudo.



Fonte: Autores, 2025.

**Tabela 2.** Resultados de NDWI para o município de Belém e bacias da Estrada Nova e Una.

Classes atribuídas	Belém		Una		
	Ha	%	Ha	%	%B
Sem água/Severamente e seco	4.365,1	4,11	2.010,2	58,0	1,89
Moderadamente seco	9.386,00	8,83	679,68	19,6	0,64
Úmido/Água	37.029,0	34,8	768,60	22,2	0,72
Corpo hídrico	55.466,9	52,2	2,52	0,07	0,00
Total	106.247	100	3.461,0	100	3,25

A Tabela 2 revela os resultados do NDWI para Belém, sendo a bacia do Una. As categorias, expressas em hectares e percentagens, oferecem uma análise detalhada da distribuição espacial da umidade do solo e corpos hídricos.

Em Belém, "Sem água/Severamente seco" representa 4,11%, enquanto locais moderadamente secos e úmidos/água são 8,83% e 34,85%, respectivamente. Corpos hídricos ocupam 52,21% do território.

A bacia do Una apresenta 58,08% em "Sem água/Severamente seco", com áreas moderadamente secas e úmidas/água em proporções menores. Corpos hídricos contribuem, mas em escala menor que Belém.

Belém tem distribuição equilibrada entre áreas moderadamente secas, úmidas/água e corpos hídricos. A bacia do Una mostra distribuição equilibrada, refletindo em diversidade nas condições de umidade.

Margalho (2019) observa redução de áreas verdes e corpos hídricos em Belém, associada à diminuição da umidade do solo e possível aumento de superfícies impermeáveis. Isso impacta o balanço de energia, desviando-a para aquecer a superfície, gerando calor sensível e elevando a temperatura da superfície.



#### 4. Considerações Finais ou Conclusão

Este estudo reforça a importância da análise integrada entre a urbanização, a cobertura vegetal e os recursos hídricos no município de Belém, com foco na bacia do Una. A utilização dos índices espectrais NDVI e NDWI demonstrou ser uma abordagem eficiente para mapear padrões de uso e ocupação do solo, evidenciando os efeitos da expansão urbana sobre os ecossistemas naturais. A metodologia adotada permitiu não apenas identificar áreas críticas de supressão vegetal e redução da umidade superficial, mas também oferecer subsídios técnicos para orientar ações de planejamento ambiental.

A predominância de áreas com baixa e muito baixa atividade fotossintética, associada à expressiva presença de zonas classificadas como severamente secas, revela um cenário preocupante, marcado pela fragmentação da vegetação e pelo aumento da impermeabilização do solo. Esses fatores contribuem diretamente para o agravamento de problemas como alagamentos, elevação das temperaturas urbanas e degradação dos recursos hídricos.

Nesse contexto, os dados obtidos reforçam a necessidade de incorporar ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no planejamento urbano de Belém, com foco na requalificação ambiental de áreas urbanizadas e na conservação de remanescentes naturais. A adoção de políticas públicas baseadas em evidências, como a criação de corredores ecológicos, o incentivo à arborização urbana e a proteção de nascentes e corpos d'água, é fundamental para garantir a resiliência socioambiental da cidade.

Por fim, destaca-se a urgência de fortalecer a articulação entre os órgãos gestores e integrar as bacias hidrográficas como unidades fundamentais para o planejamento urbano e ambiental. A efetivação de uma governança territorial mais eficiente passa pela valorização de dados espaciais e da ciência como ferramentas para a promoção de um desenvolvimento urbano mais equilibrado e sustentável.

## 5. Referências Bibliográficas

**ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; AZEVEDO, A. K. A.** Bacia hidrográfica da Estrada Nova: dinâmica física e social em Belém (PA). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 05, p. 2178-2193, 2022.

**BRAGA, R. C.; BARBOSA, A. L. C.; ALMEIDA, L. S.** Urbanização e áreas de alagamento sem Belém: Estudo da bacia da Estrada Nova. *Anais do VII Congresso Brasileiro de Geógrafos*. 2014.

**COSTA, F. E. V. et al.** A complexidade da questão dos rios urbanos nas cidades amazônicas: o caso de Belém/PA. In: *Cidades amazônicas: formas, processos e dinâmicas recentes na região de influência de Belém*. Belém: EDUEPA, 2021.

**CUSTÓDIO, M.; OLIVEIRA, E.** A legislação brasileira de uso e ocupação do solo: uma análise à luz da proteção ambiental. *Revista de Direito da Cidade*, v. 9, p. 867-892, 2017.

**DUSI, L.; BUENO, L. D.** O planejamento em áreas protegidas por seu valor ambiental: análise da atuação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade no Brasil. *Ignis*, v. 5, n. 2, p. 44-61, 2016.

**DUTRA, D. J.; BRIANEZI, D.; COELHO, C. W. G. A.** Uso de geotecnologias para análise da dinâmica da vegetação em áreas de expansão urbana: o caso da cidade de São Carlos – SP. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 43, n. 4, 2020.

**GAO, B. C.** NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.

**HE, C. et al.** Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, v. 1, n. 4, p. 213-221, 2010.

**HUANG, Q.; LU, Y.** The effect of urban heat island on climate warming in the Yangtze River Delta urban agglomeration in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, 2015.

**JI, L.; ZHANG, L.; WYLIE, B.** Analysis of dynamic thresholds for the NDWI. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, n. 75, p. 1307-1317, 2009.

**KALISA, W. et al.** Assessment of climate impact on vegetation dynamics over East Africa from 1982 to 2015. *Scientific Reports*, v. 9, 2019.

**MARGALHO, E. S.** Avaliação da ilha de calor urbana na localidade de Belém-PA por meio de dados orbitais. *Dissertação (Mestrado) - UFPA*, 2019.

**MORAES, D.; FILHO, M.** Contribuição das chuvas do período da tarde em Belém, PA: causas, variabilidade e influência no índice de precipitação diária. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 23, p. 18-32, 2018.

**OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S.** Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) como instrumento de análise ambiental: estudo de caso da expansão urbana de Palmas/TO. *Revista Georaguaia*, v. 10, n. 2, p. 126-143, 2020.

**PEREIRA, L. E. et al.** Comparative Analysis of NDWI Methods in Continental Wetland. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, p. 654-662, 2018.

**PMB.** Prefeitura Municipal de Belém. *Plano Municipal de Saneamento Básico*, 2014.

**PMB.** Prefeitura Municipal de Belém. *Manual de Operação e Manutenção dos Sistemas de Saneamento Básico da Cidade de Belém*, 2019.

**PMB.** Prefeitura Municipal de Belém. *Plano Municipal de Saneamento Básico*, 2020.

**PORTZ, L.; GUASSELLI, L.; CORRÊA, I.** Variação espacial e temporal de NDVI: análise em duas regiões do Estado do Rio Grande do Sul (RS). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 5, 2011.

**SOARES, P. P. M. A.** A cidade e suas margens: memória e práticas da água na Bacia do Una, Belém/PA. *Amazônica - Revista de Antropologia*, v. 13, n. 2, p. 577-607, 2021.

**SOARES, J. et al.** Estudo da dinâmica espaçotemporal do NDVI: um panorama da cobertura vegetal do município de Marabá (PA). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 2, p. 834-841, 2020.

**TOZI, S. C.** Conflitos Socioambientais em torno dos recursos hídricos: impactos da urbanização sobre os recursos hídricos. *Agua y territorio = Water and Landscape*, n. 15, p. 73-78, 2020.

**VINAGRE, M. V. A. et al.** Modelo de Gestão de Drenagem Urbana Aplicado à Bacia do Una - Belém/PA. *Revista Vale do Rio Verde*, v. 15, n. 1, p. 253-267, 2017.

**ZALDO-AUBANELL, Q. et al.** Reviewing the reliability of Land Use and Land Cover data to monitor land degradation processes. *Environmental Research*, v. 194, 2021.

**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.

**XU, H.** Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 73, p.1381-1391, 2007.

