XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8634

Mudanças no sinal vegetativo urbano em Maringá-PR: análise de recortes temporais entre 1986 e 2025

Changes in urban vegetative signal: analysis of temporal snapshots in Maringá-PR between 1986 and 2025

Ricardo Morandin Figueiredo

UFMG | Belo Horizonte | Brasil | ricardo.morandin.25@hotmail.com

Augusto Montor de Freitas Luiz

UTFPR | Apucarana | Brasil | augustom@utfpr.edu.br

Resumo

Este artigo analisa mudanças no sinal vegetativo urbano em Maringá-PR, a partir de cinco recortes temporais entre 1986 e 2025. O método combinou compósitos Landsat Collection 2 Level-2 Surface Reflectance, cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Google Earth Engine e dados de área urbanizada do MapBiomas. Os resultados indicaram redução do NDVI médio de 0,506 para 0,434 e aumento de 37,2% no desvio-padrão. As classes de cobertura intermediária e alta diminuíram de 64,41 para 41,29 km², enquanto as classes de baixa ou nenhuma resposta vegetativa aumentaram de 18,64 para 41,60 km². A principal mudança observada foi a redução da cobertura intermediária e o aumento da baixa cobertura vegetal, sugerindo redistribuição das classes de NDVI associada ao avanço da urbanização. O estudo contribui ao demonstrar o potencial de recortes temporais Landsat-NDVI, combinados a dados independentes de expansão urbana, para apoiar diagnósticos ambientais e diretrizes de planejamento urbano.

Palavras-chave: NDVI. Sensoriamento remoto. Expansão urbana. Google Earth Engine.

Abstract

This paper analyses changes in the urban vegetative signal in Maringá-PR, Brazil, based on five temporal snapshots between 1986 and 2025. The method combined Landsat Collection 2 Level-2 Surface Reflectance composites, calculation of the Normalized Difference Vegetation Index in Google Earth Engine, and urbanized area data from MapBiomas. Results showed a decrease in mean NDVI from 0.506 to 0.434 and a 37.2% increase in standard deviation. Intermediate and high vegetation-cover classes decreased from 64.41 to 41.29 km², whereas low or non-vegetated response classes increased from 18.64 to 41.60 km². The main observed change was the reduction of intermediate cover and the increase in low vegetation cover, suggesting a redistribution of NDVI classes associated with urban expansion. The study contributes by showing the potential of Landsat-NDVI temporal snapshots, combined with independent urban expansion data, to support environmental diagnosis and urban planning guidelines.

Keywords: NDVI. Remote sensing. Urban expansion. Google Earth Engine.

Como citar:

FIGUEIREDO, R. M.; LUIZ, A. M. F. Mudanças no sinal vegetativo urbano em Maringá-PR: análise de recortes temporais entre 1986 e 2025. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8634

INTRODUÇÃO

A vegetação urbana constitui componente fundamental da qualidade ambiental, do desempenho ecológico e da organização espacial das cidades. Sua avaliação temporal é relevante em contextos de expansão urbana, nos quais a conversão do solo, a impermeabilização e a redução da vegetação difusa alteram a quantidade e a distribuição espacial das áreas com resposta vegetativa. Entre os indicadores de sensoriamento remoto, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) permanece amplamente empregado para monitorar a presença relativa de vegetação e variações do sinal vegetativo, devido à simplicidade de cálculo, à disponibilidade de séries históricas e à possibilidade de comparação multitemporal [1–3]. Em áreas urbanas, contudo, sua interpretação exige cautela, pois pixels mistos, sombras, influência do solo exposto e saturação em dosséis densos podem afetar os valores do índice [1, 4, 5].

Embora o uso do NDVI seja consolidado, ainda há lacunas em análises de longa duração, espacialmente contínuas e orientadas a cidades médias brasileiras. Em Maringá-PR, estudos anteriores documentaram a importância da arborização, das áreas verdes e de processos recentes de transformação urbana, mas a literatura disponível permanece concentrada em inventários, diagnósticos ambientais ou recortes multitemporais específicos [6–8]. A cidade é um caso adequado para essa análise porque foi originalmente planejada sob influência do ideário cidade-jardim, consolidando uma identidade marcada por arborização viária, parques, remanescentes florestais e fundos de vale vegetados [9].

O artigo analisa mudanças no sinal vegetativo urbano em Maringá-PR, com base em cinco recortes temporais entre 1986 e 2025, quantificando a redistribuição das classes de NDVI e sua associação descritiva com a expansão urbana mapeada pelo MapBiomas.

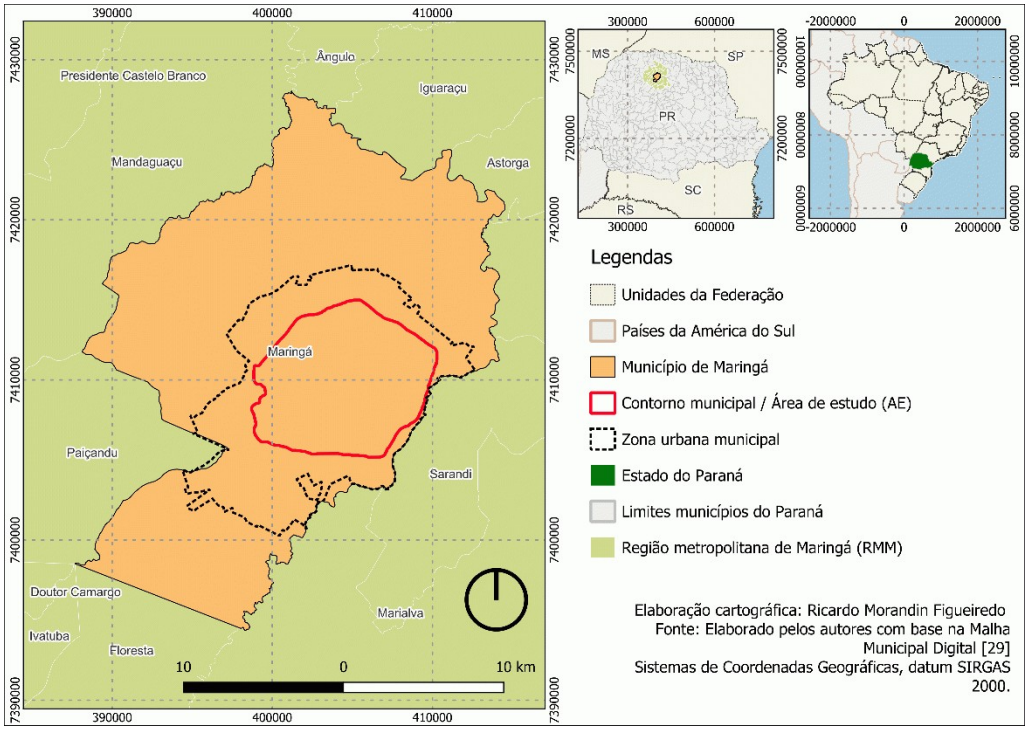
Método

A área de estudo corresponde à porção urbana consolidada de Maringá-PR, município localizado no norte do Paraná, em clima subtropical úmido Cfa [10], possuindo área de 487 km² e população de 409.657 habitantes [11]. A delimitação, apresentada na Figura 1, abrange aproximadamente 83,05 km² e representa a mancha urbana efetivamente consolidada e seu entorno imediato, entre o contorno norte (BR-376) e o contorno sul (PR-317). Essa delimitação reduziu a influência de áreas agrícolas internas ao perímetro urbano, cujos ciclos fenológicos poderiam mascarar a dinâmica da vegetação urbana.

A base de dados foi composta por produtos Landsat Surface Reflectance Collection 2 Level-2, provenientes dos sensores Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI, disponíveis no Google Earth Engine nas coleções LANDSAT/LT05/C02/T1_L2 e LANDSAT/LC08/C02/T1_L2. Foram selecionados cinco recortes temporais (1986, 1996, 2006, 2016 e 2025), abrangendo um período histórico de 39 anos. Para favorecer a comparabilidade temporal, as imagens foram padronizadas para o trimestre de abril a junho, correspondente ao outono austral, devido ao melhor equilíbrio entre menor nebulosidade, estabilidade do sinal da vegetação e disponibilidade de cenas. Maringá

localiza-se na zona de sobreposição das órbitas Landsat 222/076 e 223/076, o que ampliou a frequência efetiva de aquisição.

Figura 1: Localização da área de estudo no município de Maringá-PR



Fonte: o autor.

No processamento, foram aplicados filtros por área de estudo, ano, período sazonal e limite de nebulosidade por cena (CLOUD_COVER < 60), de modo a preservar cenas parcialmente úteis. Antes do cálculo do NDVI, aplicaram-se os fatores de escala e offset às bandas de reflectância de superfície. Nuvens, sombras, cirrus e pixels dilatados foram removidos em nível de pixel por meio da banda QA_PIXEL, considerando, respectivamente, os bits 3, 4, 2 e 1. As observações válidas foram então agregadas por composição sazonal de mediana, recortadas para a área de estudo e processadas na resolução espacial nativa de 30 m.

O NDVI foi calculado pela razão normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho [2, 3]. Para o Landsat 5 TM, foram utilizadas as bandas SR_B4 e SR_B3; para o Landsat 8 OLI, as bandas SR_B5 e SR_B4. Embora os produtos Surface Reflectance e os fluxos oficiais de correção atmosférica LEDAPS e LaSRC reduzam inconsistências radiométricas e atmosféricas, não foi aplicada etapa adicional de harmonização intersensorial entre Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI [14, 15]. Por isso, os resultados são interpretados como tendências comparativas do sinal vegetativo em recortes temporais selecionados, e não como medidas absolutas perfeitamente equivalentes entre sensores.

Os valores de NDVI foram reclassificados em cinco classes operacionais, interpretadas como gradiente de resposta espectral associada à presença de vegetação urbana (Tabela 1). Os intervalos foram definidos com apoio em classificações operacionais recorrentes na literatura [2, 5, 16–20]. A área de cada classe foi calculada pela

contagem de pixels válidos classificados, multiplicada pela área nominal do pixel Landsat, em escala de 30 m. A proporção de pixels válidos foi verificada em cada recorte temporal para garantir comparabilidade interna dos compósitos.

A expansão urbana foi estimada pela classe "Área Urbanizada" da Coleção 9 do MapBiomas, série anual baseada em classificação de imagens Landsat [21] (utilizando-se o dado mais recente de 2024 como representativo para 2025). Essa fonte foi adotada por ser independente da classificação NDVI realizada neste estudo. As análises incluíram estatísticas descritivas dos compósitos anuais, área de cada classe de NDVI e regressões lineares simples entre área urbanizada e classes de NDVI. As regressões foram empregadas somente como recurso descritivo para sintetizar a associação linear entre as variáveis.

Tabela 1: Classes operacionais de NDVI adotadas para interpretação da vegetação urbana

Classe	Descrição	Intervalo NDVI	Interpretação
1	Água/sombra	-1,00 a 0,00	Água, sombra profunda ou resposta espectral sem vegetação.
2	Não vegetada	0,00 a 0,20	Solo exposto, superfícies impermeáveis, vias e áreas urbanizadas.
3	Baixa cobertura	0,20 a 0,40	Vegetação esparsa, gramados, solo exposto com resposta mista ou mosaicos urbano-vegetados de baixa resposta espectral.
4	Cobertura intermediária	0,40 a 0,60	Resposta vegetativa intermediária, associada a arborização, gramados, terrenos vegetados ou mosaicos urbano-vegetados.
5	Alta cobertura	> 0,60	Alta resposta vegetativa, compatível com áreas densamente arborizadas, parques, fundos de vale ou remanescentes vegetados.

Fonte: o autor.

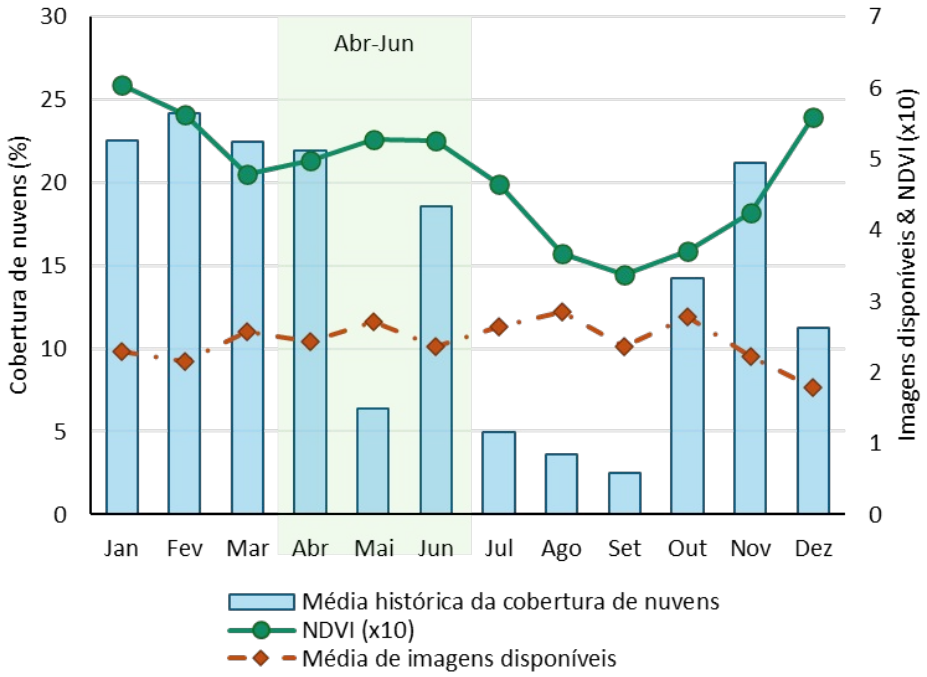
RESULTADOS E DISCUSSÕES

PADRONIZAÇÃO SAZONAL E CONSISTÊNCIA DOS RECORTES TEMPORAIS

A análise intra-anual indicou que abril-junho constitui a janela sazonal mais adequada para comparação multitemporal da vegetação urbana em Maringá (Figura 2). Nesse trimestre, observou-se melhor equilíbrio entre menor nebulosidade, estabilidade do NDVI médio e disponibilidade de imagens para composição anual. Nos anos com cobertura mensal completa, o NDVI médio desse período permaneceu próximo de 0,52, antes da queda mais marcada observada no inverno, quando os valores se aproximaram de 0,39. Essa diferença poderia comprometer comparações interanuais caso os compósitos fossem gerados a partir de meses pertencentes a estações distintas.

Na Figura 2 o termo "imagens disponíveis" corresponde ao número médio de cenas Landsat localizadas para a área de estudo em cada mês, antes da composição anual, considerando as órbitas 222/076 e 223/076 e os filtros de data, área e nebulosidade adotados

Figura 2: Variação intra-anual de nebulosidade, número médio de imagens disponíveis e NDVI médio



Fonte: o autor.

TRAJETÓRIA DE LONGO PRAZO DO NDVI URBANO

A Tabela 2 sintetiza a trajetória do sinal vegetativo na área de estudo. O NDVI médio diminuiu de 0,5062 em 1986 para 0,4340 em 2025, redução de 14,3%. A mediana apresentou retração ainda mais intensa, de 0,5070 para 0,3991, indicando deslocamento da distribuição para valores mais baixos. Ao mesmo tempo, o desvio-padrão aumentou de 0,1498 para 0,2056, crescimento de 37,2%, indicando que a redução do sinal vegetativo médio foi acompanhada por maior heterogeneidade espacial dos valores de NDVI.

Tabela 2: Estatísticas descritivas do NDVI na área de estudo

Ano	NDVI mín.	NDVI máx.	NDVI médio	Mediana	Desvio-padrão	Pixels válidos
1986	-0,2500	0,8760	0,5062	0,5070	0,1498	100.819
1996	-0,2459	0,8670	0,4652	0,4652	0,1506	100.686
2006	-0,1858	0,8820	0,4337	0,4155	0,1738	100.822
2016	-0,2213	0,9179	0,4267	0,3969	0,1948	100.519
2025	-0,2815	0,9340	0,4340	0,3991	0,2056	100.628

Fonte: o autor.

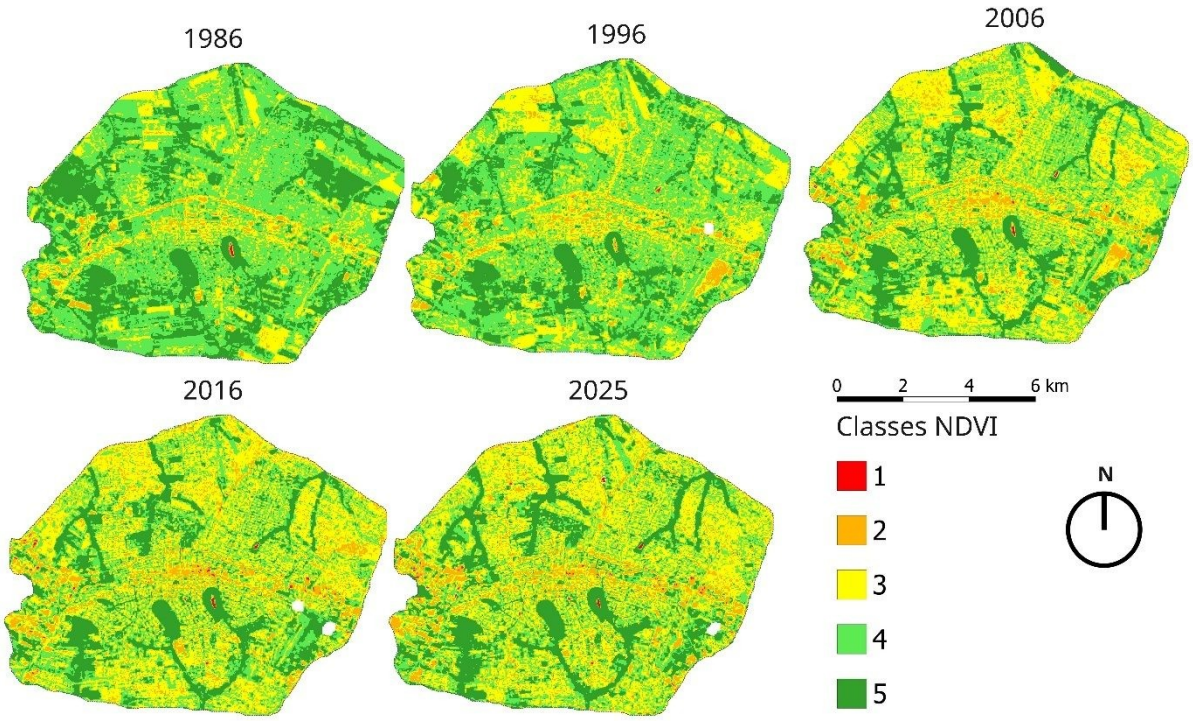
Em contexto urbano, esse padrão pode estar associado à ampliação de mosaicos compostos por superfícies construídas, solo exposto, arborização esparsa, gramados e vegetação remanescente, sem que isso configure, neste estudo, uma mensuração formal de fragmentação da paisagem [22–24]. Os valores máximos permaneceram elevados ao longo da série, indicando que áreas densamente vegetadas não desapareceram, mas passaram a coexistir com uma matriz urbana menos vegetada e mais heterogênea.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8634

RECONFIGURAÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE NDVI

A reclassificação temática evidencia mudança na distribuição espacial das classes de NDVI na área de estudo, conforme ilustram os mapas da Figura 3. As classes representadas na Figura 3 correspondem aos intervalos apresentados na Tabela 1.

Figura 3: Classes de NDVI na área de estudo entre 1986 e 2025



Fonte: o autor.

Tabela 3: Extensão espacial das classes de vegetação urbana na área de estudo para os cinco anos analisados, expressa em km²

Classe	Área (km²)				
	1986	1996	2006	2016	2025
1 Água/sombra	0,03	0,01	0,07	0,15	0,17
2 Não vegetada	2,29	3,42	5,78	7,95	8,35
3 Baixa cobertura	16,32	24,20	32,88	33,82	33,09
4 Cobertura intermediária	41,89	39,19	29,17	25,19	23,87
5 Alta cobertura	22,52	16,12	15,16	15,69	17,42

Fonte: o autor.

Conforme se observa na Tabela 3, em 1986, as classes de cobertura vegetal intermediária e alta ocupavam 64,41 km², equivalentes a 77,55% da área de estudo. Em 2025, essas classes passaram a 41,29 km², ou 49,81%. Em sentido oposto, o conjunto formado por água/sombra, área não vegetada e baixa cobertura vegetal aumentou de 18,64 para 41,60 km², passando de 22,45% para 50,19% da área. Como a área de estudo permaneceu constante, as variações observadas expressam redistribuição interna entre classes de NDVI. O aspecto relevante é que essa

redistribuição ocorreu principalmente pela redução das classes intermediária e alta e pelo aumento das classes de baixa ou nenhuma resposta vegetativa.

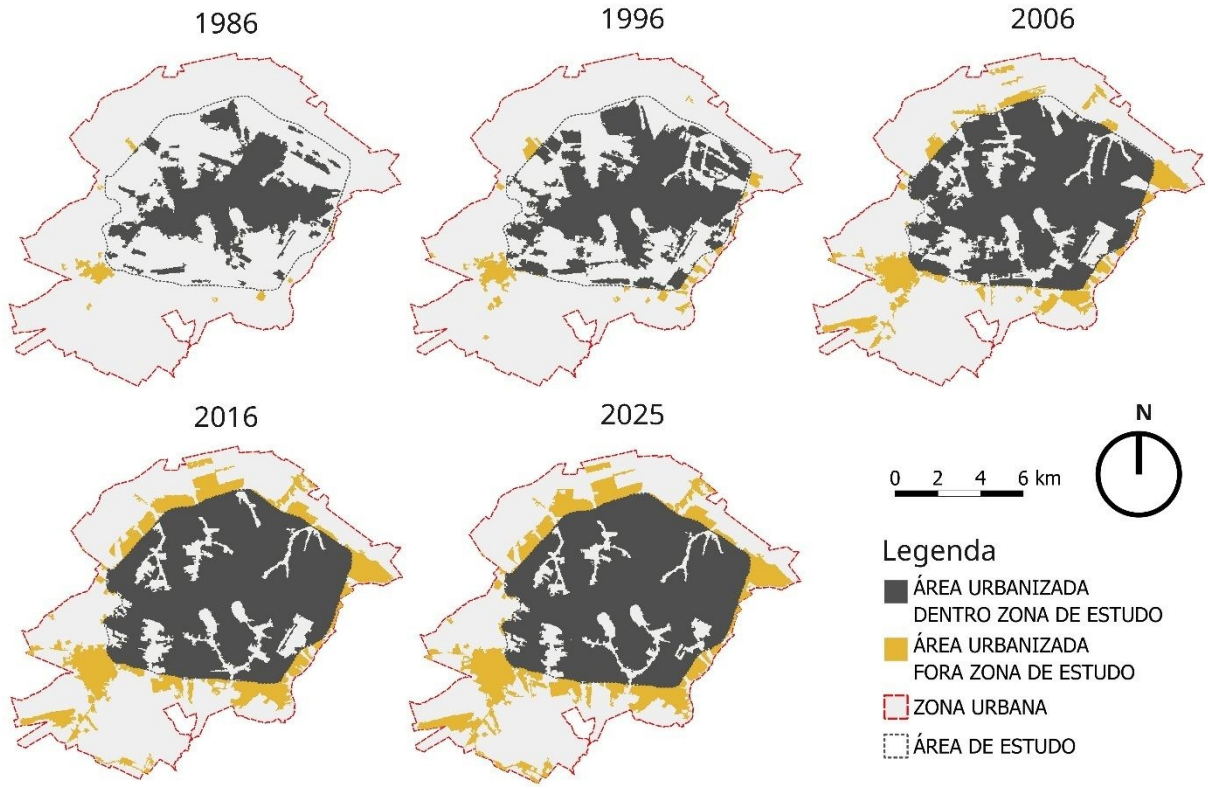
A principal perda ocorreu na classe de cobertura vegetal intermediária, que passou de 41,89 para 23,87 km², retração de 18,02 km². Por outro lado, a baixa cobertura vegetal apresentou o maior ganho absoluto, de 16,32 para 33,09 km², tornando-se dominante a partir de 2006. A área não vegetada também aumentou de forma consistente, de 2,29 para 8,35 km². Os resultados indicam que a redução das classes de maior NDVI ocorreu tanto pela expansão de superfícies sem vegetação quanto pelo aumento de áreas com baixa cobertura vegetal. A principal mudança foi a conversão de áreas de NDVI intermediário em classes de menor resposta vegetativa. Essa classe intermediária representa mosaicos urbano-vegetados, cuja identificação detalhada exigiria imagens de maior resolução ou validação em campo.

As mudanças espaciais em Maringá indicam redução das classes de NDVI intermediário e alto e expansão das classes de baixa ou nenhuma resposta vegetativa. A permanência de áreas com maior NDVI sugere a relevância de setores densamente vegetados para o planejamento ambiental urbano [25], embora essa relação não tenha sido confirmada por sobreposição com bases vetoriais específicas.

EXPANSÃO URBANA E MUDANÇAS NAS CLASSES DE NDVI

A área urbanizada no interior da área de estudo aumentou de 33,00 km² em 1986 para 72,37 km² em 2024, crescimento de 39,37 km², ou 119,3% (Figura 4).

Figura 4: Evolução espacial da área urbanizada na área de estudo

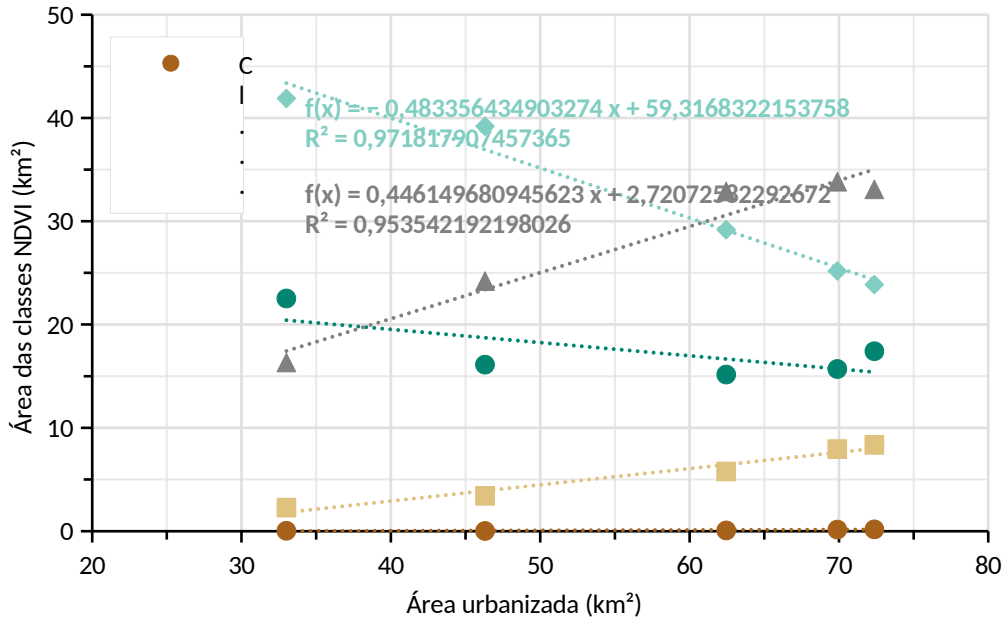


Fonte: o autor.

Em termos proporcionais, a urbanização passou de 39,7% para 87,1% da área analisada. Os resultados refletem a transformação de uma área que, em 1986, ainda apresentava extensas porções não urbanizadas. A maior expansão urbana ocorreu entre 1996 e 2006, coincidindo com as mudanças mais intensas nas classes de NDVI e sugerindo que o crescimento horizontal foi um dos principais vetores dessa reconfiguração.

A relação entre a área urbanizada e a extensão espacial das classes de NDVI na área de estudo (Figura 5) reforça essa interpretação. De forma descritiva, os cinco recortes temporais indicam associação negativa entre área urbanizada e cobertura intermediária (classe 4) e associação positiva entre área urbanizada e baixa cobertura vegetal (classe 3). Embora não permitam inferências causais ou estatisticamente robustas, os coeficientes apresentados na Figura 5 sugerem que a principal transformação foi a substituição de áreas de resposta vegetativa intermediária por mosaicos urbano-vegetados de menor resposta espectral.

Figura 5: Relação entre a área urbanizada e a extensão espacial das classes de NDVI na Área de Estudo



Fonte: o autor.

A classe não vegetada (classe 2) também aumentou com a urbanização, enquanto a alta cobertura vegetal (classe 5) apresentou relação negativa mais fraca e menos linear. Isso sugere maior persistência relativa das áreas de alta resposta vegetativa. A associação dessas áreas com parques, fundos de vale ou áreas protegidas é plausível no contexto urbano de Maringá, mas não foi testada formalmente por sobreposição espacial neste estudo.

Do ponto de vista do planejamento urbano, os resultados indicam que a atenção não deve se restringir às áreas de maior NDVI. A redução da classe intermediária e o aumento da baixa cobertura vegetal sugerem perda de vegetação difusa em setores submetidos à expansão e consolidação urbana. Assim, em Maringá, as diretrizes de

planejamento podem combinar a proteção das áreas de alta resposta vegetativa, a qualificação da arborização viária e residencial e a ampliação de vegetação em setores que passaram a apresentar baixa cobertura. Essa leitura é compatível com discussões recentes sobre desigualdade, distribuição e disponibilidade de áreas verdes em cidades latino-americanas [26], especialmente em contextos de urbanização já próxima da saturação física [27, 28].

CONCLUSÕES

A análise Landsat-NDVI de 1986 a 2025 evidenciou que a expansão urbana de Maringá esteve associada à redução do sinal vegetativo e aumento de sua heterogeneidade espacial. Nesse período, o NDVI médio diminuiu 14,3% e o desvio-padrão aumentou 37,2%, indicando maior dispersão e predominância de valores mais baixos. As classes de cobertura intermediária e alta foram reduzidas de 64,41 para 41,29 km², enquanto as classes de baixa ou nenhuma resposta vegetativa aumentaram de 18,64 para 41,60 km². A principal transformação correspondeu à substituição de áreas de resposta intermediária por superfícies de baixa cobertura vegetal, paralelamente ao crescimento da área urbanizada de 33,00 para 72,37 km². Os resultados demonstram que compósitos Landsat-NDVI sazonalmente padronizados, combinados a dados de expansão urbana, permitem acompanhar mudanças na vegetação de cidades médias. Para Maringá, os achados reforçam a necessidade de proteger áreas de alta resposta vegetativa, ampliar a arborização e recuperar setores com baixa cobertura. Contudo, o diagnóstico é exploratório e requer validação por dados de campo, imagens de maior resolução e métricas de fragmentação.

DECLARAÇÃO

Os autores utilizaram o Google Gemini 3.1 como apoio à estruturação textual, revisão linguística, identificação preliminar de referências e conferência do código no Google Earth Engine. Todo o conteúdo gerado foi posteriormente revisado, editado e validado pelos autores.

REFERÊNCIAS

[1] HUANG, S.; TANG, L.; HUPY, J. P.; WANG, Y.; SHAO, G. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 1, p. 1–6. fev. 2021. DOI: 10.1007/s11676-020-01155-1.

[2] ROUSE, J. W.; HAAS, R. W.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. **Anais**...Washington, D.C.: NASA, 1974.

[3] TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127–150. maio 1979. DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.

[4] LI, S.; ZHOU, Z.; MA, R.; LIU, S.; GUAN, Q. Extracting subpixel vegetation NDVI time series for evaluating the mixed pixel effect on GPP estimation in urban areas. **International Journal of Digital Earth**, v. 16, n. 1, p. 3222–3238. 2 out. 2023. DOI: 10.1080/17538947.2023.2246945.

[5] MONTANDON, L.; SMALL, E. The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 4, p. 1835–1845. 15 abr. 2008. DOI: 10.1016/j.rse.2007.09.007.

[6] BONIFÁCIO, C. M.; OKAWA, C. M. P.; NÓBREGA, M. T. A fragilidade e as questões ambientais na Região Metropolitana de Maringá (PR). Em: **Maringá: reforma urbana e direito à cidade**. Rio de Janeiro: Ferreira, A. R. M; Tonella, C., 2022. p. 141–155.

[7] RUBIRA, F. G. Análise multitemporal da expansão urbana de Maringá-PR durante o período de 1947 a 2014 envolvendo o Parque Municipal do Cinquentenário e as principais áreas verdes do município / Multitemporal analysis of urban expansion Maringá – PR during (...). **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 46, p. 333. 2 maio 2016. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2016v26n46p333.

[8] SAMPAIO, A. C. F.; DE ANGELIS, B. L. D. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 3, n. 2, p. 37. 2008. DOI: 10.5380/revsbau.v3i2.66342.

[9] MONTANHER, O. C.; MINAKI, C. Análise da variação espaço-temporal do NDVI em Maringá-PR. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 63, p. 1143–1163. 2020.

[10] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728. 1 dez. 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

[11] IBGE. **Censo Demográfico 2022: panorama do município de Maringá, Paraná**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>. Acesso em: 9 abr. 2026.

[12] GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27. dez. 2017. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

[13] CARDILLE, J. A.; CROWLEY, M. A.; SAAH, D.; CLINTON, N. E. (EDS.). **Cloud-Based Remote Sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2024.

[14] MASEK, J. G.; VERMOTE, E. F.; SALEOUS, N. E.; WOLFE, R.; HALL, F. G.; HUEMMRICH, K. F.; GAO, F.; KUTLER, J.; LIM, T.-K. A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America, 1990–2000. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 1, p. 68–72. jan. 2006. DOI: 10.1109/LGRS.2005.857030.

[15] VERMOTE, E.; JUSTICE, C.; CLAVERIE, M.; FRANCH, B. Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. **Remote Sensing of Environment**, v. 185, p. 46–56. nov. 2016. DOI: 10.1016/j.rse.2016.04.008.

[16] HASHIM, H.; ABD LATIF, Z.; ADNAN, N. A. Urban vegetation classification with threshold value method with very high resolution (VHR) PLEIADES IMAGERY. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. XLII-4/W16, p. 237–240. 1 out. 2019. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-237-2019.

[17] NASCIMENTO, S. S.; LIMA, E. R. V.; LIMA, P. P. S. Uso do NDVI na análise temporal da degradação da Caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba. **OKARA: Geografia em Debate**, v. 8, n. 1, p. 72–93. 2014.

[18] SIMONETTI, E.; SIMONETTI, D.; PREATONI, D. **Phenology-based land cover classification using Landsat 8 time series**. Luxemburg: Publications Office, 2014. Disponível em: <https://data.europa.eu/doi/10.2788/15561>. Acesso em: 20 abr. 2026. DOI: 10.2788/15561.

[19] ARYAL, J.; SITAULA, C.; ARYAL, S. NDVI Threshold-Based Urban Green Space Mapping from Sentinel-2A at the Local Governmental Area (LGA) Level of Victoria, Australia. **Land**, v. 11, n. 3, p. 351. 27 fev. 2022. DOI: 10.3390/land11030351.

[20] SAHEBJALAL, E.; DASHTEKIAN. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 37, p. 4614–4622. 26 set. 2013. DOI: 10.5897/AJAR11.1825.

[21] SOUZA, C. M.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735. 25 ago. 2020. DOI: 10.3390/rs12172735.

[22] TIAN, Y.; JIM, C. Y.; TAO, Y.; SHI, T. Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 10, n. 2, p. 79–86. jan. 2011. DOI: 10.1016/j.ufug.2010.11.002.

[23] ANDERSSON, ERIK. Urban landscapes and sustainable cities. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1. 2006. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art34/>.

[24] CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403. jul. 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.01.031.

[25] LABADESSA, R.; ANCILLOTTO, L. Small but irreplaceable: The conservation value of landscape remnants for urban plant diversity. **Journal of Environmental Management**, v. 339, p. 117907. ago. 2023. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117907.

[26] FLORES, S.; VAN MECHELEN, C.; VALLEJO, J. P.; VAN MEERBEEK, K. Trends and status of urban green and urban green research in Latin America. **Landscape and Urban Planning**, v. 227, p. 104536. nov. 2022. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2022.104536.

[27] BHATTA, B. **Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010.

[28] SETO, K. C.; FRAGKIAS, M.; GÜNERALP, B.; REILLY, M. K. A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. **PLoS ONE**, v. 6, n. 8, p. e23777. 18 ago. 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0023777.

[29] IBGE. **Malha Municipal Digital e Áreas Territoriais 2025**: informações técnicas e legais para a utilização dos dados publicados. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Estruturas Territoriais, 2026. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html. Acesso em: 26 jun. 2026.