XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

O uso da tecnologia de sensoriamento remoto LiDAR na gestão urbana: O caso do mapeamento climático de Maringá/PR

El uso de la tecnología de sensores remotos LiDAR en la gestión urbana: El caso del mapeo climático de Maringá/PR

The Use of LiDAR Remote Sensing Technology in Urban Management: The Case of Climate Mapping in Maringá, Brazil

Clima e Planejamento Urbano / *Clima y Urbanismo / Climate and Urban Planning*

Morandin Figueiredo, Ricardo
Mestrando, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, ricardo.morandin.25@hotmail.com

Sad de Assis, Eleonora
Doutora, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, eleonorasad@yahoo.com.br

Resumo

A modelagem tridimensional de edificações é essencial para o planejamento urbano, mas sua construção manual é onerosa. O LiDAR surge como alternativa eficiente, capturando estruturas 3D com alta precisão e permitindo análises urbanas detalhadas. Além de gerar Modelos Digitais de Terreno e de Superfície, auxilia no monitoramento da cobertura do solo, essencial para mitigar impactos climáticos, como ilhas de calor. O Urban Climatic Analytic Map categoriza fenômenos climáticos urbanos, contribuindo para a gestão sustentável. Este estudo apresenta os resultados preliminares da elaboração do UCAnMap de Maringá-PR, com dados LiDAR. Os achados indicam que essas ferramentas podem subsidiar estratégias para reduzir impactos ambientais e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

Palavras-chave: Clima Urbano. Planejamento Urbano. SIG. Mapeamento Climático. LiDAR.

Resumen

La modelización tridimensional de edificaciones es esencial para la planificación urbana, pero su construcción manual es costosa. El LiDAR surge como una alternativa eficiente, capturando estructuras 3D con alta precisión y permitiendo análisis urbanos detallados. Además de generar Modelos Digitales de Terreno y de Superficie, ayuda en el monitoreo de la cobertura del suelo, fundamental para mitigar impactos climáticos, como las islas de calor. El Urban Climatic Analytic Map categoriza fenómenos climáticos urbanos, contribuyendo a la gestión sostenible. Este estudio presenta los resultados preliminares de la elaboración del UCAnMap de Maringá-PR, con datos LiDAR. Los hallazgos indican que estas herramientas pueden respaldar estrategias para reducir impactos ambientales y promover el desarrollo urbano sostenible.

Palabras clave: Clima urbano. Planificación Urbana. SIG. Mapeo Climático. LiDAR

Abstract

Three-dimensional building modeling is essential for urban planning, but its manual construction is costly. LiDAR emerges as an efficient alternative, capturing 3D structures with high precision and enabling detailed urban analyses. In addition to generating Digital Terrain Models (DTM) and Digital Surface Models (DSM), it aids in monitoring land cover, which is crucial for mitigating climate impacts such as urban heat islands. The Urban Climatic Analytic Map categorizes urban climate phenomena, contributing to sustainable management. This study presents preliminary results of the development of UCAnMap for Maringá-PR using LiDAR data. The findings indicate that these tools can support strategies to reduce environmental impacts and promote sustainable urban development.

Keywords: Urban Climate. Urban planning. SIG. Climate Mapping. LiDAR.

Introdução

A modelagem tridimensional (3D) de edificações é essencial para o planejamento urbano, mas sua construção manual é dispendiosa. A detecção e telemetria da luz (Light Detection and Ranging - LiDAR), um método direto de captura de dados por sensor remoto ativo a bordo de plataformas (tripuladas ou não), surge como uma alternativa eficiente, capturando estruturas 3D por meio de nuvens de pontos e fornecendo dados espaciais precisos para análises em diferentes escalas (Bandyopadhyay *et al*., 2013; Garnet e Adams, 2018). Sua alta densidade de pontos influencia a qualidade da nuvem de pontos, permitindo a geração de Modelos Digitais de Terreno (MDT) e de Superfície (MDS), além de oferecer vantagens como penetração em vegetação e independência de iluminação (Yan *et al*., 2015).

Mudanças no uso e cobertura do solo impactam diretamente o balanço energético local, com efeitos potenciais no fenômeno de ilha de calor urbana e para eventos climáticos extremos, como ondas de calor e chuvas intensas (NRC, 2005). O monitoramento preciso da cobertura do solo, portanto, é essencial para o planejamento urbano (Yan *et al*., 2015). No entanto, Dang et al. (2022) destacam que o mapeamento dos fatores climáticos urbanos ainda é limitado, dificultando a quantificação de variáveis fundamentais, como a altura dos edifícios, e comprometendo a eficácia das diretrizes de avaliação climática.

Nesse contexto, o Urban Climatic Analytic Map (UCAnMap) surge como uma metodologia integrada para análise visual das condições climáticas urbanas. Baseado em dados espaciais bidimensionais e no sistema de categorização de climatopos, ele permite representar a distribuição de fenômenos climáticos urbanos (Liu *et al*., 2020). Sua aplicação no planejamento estratégico pode apoiar formuladores de políticas na identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano (Ren *et al*., 2013).

Este artigo apresenta os resultados preliminares do estudo em andamento para a construção do UCAnMap na cidade de Maringá-PR. A pesquisa utiliza dados LiDAR fornecidos pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Maringá (IPPLAM) para a geração de camadas temáticas (mapas) a partir da nuvem de pontos, as quais servirão como base para a construção do UCAnMap.

Metodologia

Este item apresenta o processo de elaboração dos mapas temáticos, incluindo o mapa de volume edificado e o mapa de dimensão das árvores, os quais, combinados, resultam no mapa de cobertura do solo e no mapa de área verde em declive. A seguir, é apresentada uma breve descrição da área de estudo, seguida do detalhamento dos procedimentos adotados para a geração dos mapas temáticos.

Área de Estudo

A cidade de Maringá, localizada no Estado do Paraná, possui uma área de 488 km² e uma população estimada em 425.983 habitantes em 2024 (IBGE, 2023). Fundada como parte de um processo estratégico de urbanização liderado pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), sua ocupação teve início em 1942 e foi consolidada com a definição da linha férrea e a escolha de um local propício ao desenvolvimento urbano (Meneguetti, 2007). O plano urbano, elaborado pelo engenheiro Jorge de Macedo Vieira, incorporou elementos da cidade-jardim inglesa, incluindo a adaptação da malha urbana à topografia, hierarquia viária com rotatórias, arborização diferenciada e setorização funcional da cidade (Rego, 2001). Maringá se destacou pelo pioneirismo na preocupação com áreas verdes, fundamentais para o planejamento urbano e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

No entanto, a cidade, projetada para 200.000 habitantes em um horizonte de 50 anos, ultrapassou essa marca já na década de 1980, resultando em um processo de expansão urbana desordenada (Rubira, 2016). Como observado por Nunes (2016), os loteamentos fora da área planejada não seguiram os padrões estabelecidos por Vieira, levando à descaracterização do plano urbano original e comprometendo a qualidade do desenho urbano inicialmente concebido.

Do Sistema de Medição e da Elaboração de Mapas Base

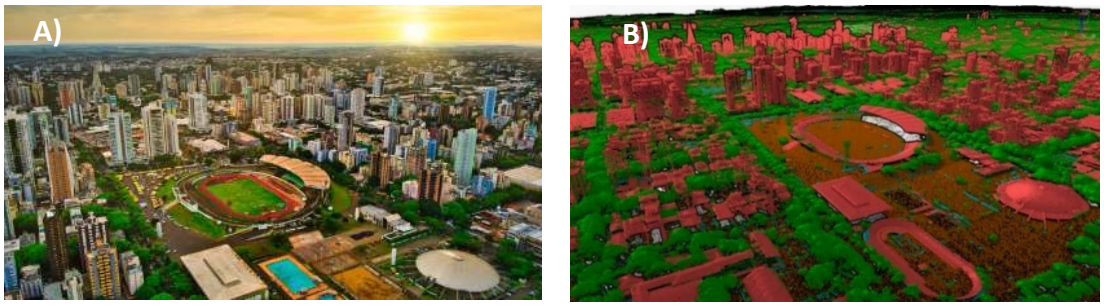
Em 2017, foi realizado um levantamento aerofotogramétrico LiDAR no Município de Maringá, resultando na geração de uma nuvem de pontos do território municipal.

A Figura 1 é uma representação da superfície urbana utilizando-se a tecnologia Light Detection and Ranging. De acordo com a área técnica do IPPLAM, o levantamento usando o LiDAR permite gerar mapas de alta qualidade contendo elementos essenciais da morfologia urbana, como

alturas dos edifícios, afastamentos e implantação. Esse processo foi aplicado em todo o território do Município de Maringá, permitindo a extração de informações fundamentais para a construção das camadas base do UCAnMap. Para isso, a nuvem de pontos foi segmentada conforme a classificação das superfícies objetos de levantamentos, gerando-se mapas base que representam suas características.

A Figura 1a apresenta uma imagem de uma porção da área de estudo, contendo suas feições características. A Figura 1b exibe a nuvem de pontos gerada a partir do levantamento LiDAR para a mesma região, na qual as cores representam as classes mapeadas: edificações em vermelho, vegetação em verde e solo em marrom.

Figura 1– Visualização 3D da nuvem de pontos de Maringá e imagem aérea da mesma região.



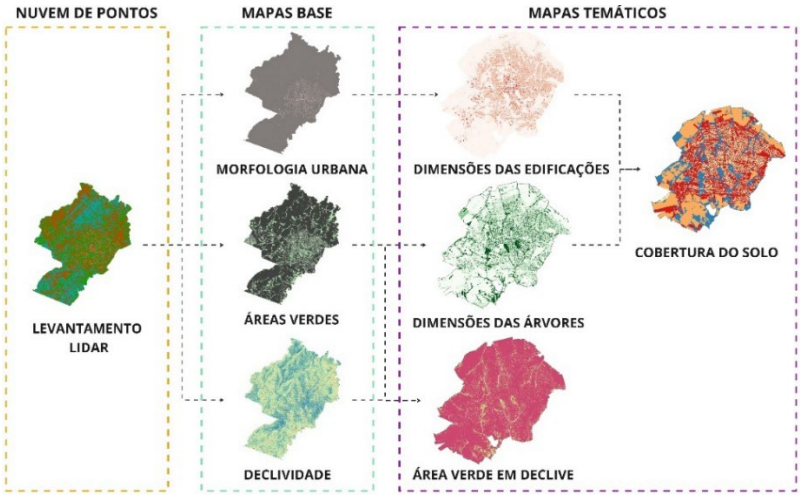
Fonte: a) Silva, 2022; b) autores, 2025.

A Figura 2 apresenta um fluxograma que detalha a segmentação da nuvem de pontos do município de Maringá, resultando nos mapas base de referência para a elaboração dos mapas temáticos. Com base nas superfícies classificadas como construções, foi gerado um mapa de morfologia urbana, no qual as alturas dos edifícios foram representadas por uma escala de cores. Esse mapa também inclui informações sobre afastamento e implantação das edificações, fatores essenciais para compreender a dinâmica dos ventos na área urbana.

De maneira semelhante, a segmentação das superfícies classificadas como árvores possibilitou a criação de um mapa de áreas verdes, permitindo a identificação das dimensões das copas e das alturas das árvores. Além disso, a partir das superfícies classificadas como terreno, foi desenvolvido um modelo digital de terreno com resolução de pixel de 1 metro, que serviu de base para a geração do mapa de declividade da região. Para um detalhamento mais fiel dos fenômenos climáticos urbanos em Maringá — como a formação de ilhas de calor, a retenção de calor pelas

superfícies impermeáveis e a dinâmica dos ventos canalizados entre edificações — os mapas base foram recortados de forma a considerar exclusivamente a área urbana, excluindo-se a zona rural.

Figura 2 - Fluxograma dos mapas derivados de levantamento LiDAR



Fonte: Autores, 2025.

Essa delimitação é essencial, pois a zona urbana apresenta características microclimáticas próprias, resultantes da alta densidade de construções, da redução da vegetação nativa, da presença de superfícies pavimentadas e da intensa atividade antrópica. Em contraste, a zona rural, majoritariamente composta por áreas agrícolas e vegetação esparsa, apresenta um comportamento climático distinto, com maior amplitude térmica e menor interferência antrópica direta. Incluir essas áreas no mesmo conjunto de análise comprometeria a precisão da leitura dos padrões urbanos. Portanto, o recorte adotado garante uma representação mais acurada da realidade climática urbana e fortalece a confiabilidade das interpretações e recomendações derivadas dos Mapas Climáticos Urbanos (UCAnMaps).

Elaboração dos Mapas Temáticos

Usando como referência os mapas base, os mapas temáticos foram elaborados por meio da reclassificação das informações contidas em cada mapa base, considerando seus efeitos no balanço energético da zona urbana. O conceito de peso de impacto é central na elaboração de Mapas Climáticos Urbanos (UCAnMaps), pois quantifica a influência de variáveis urbanas no clima local, podendo ser positiva ou negativa em termos de carga térmica e potencial dinâmico

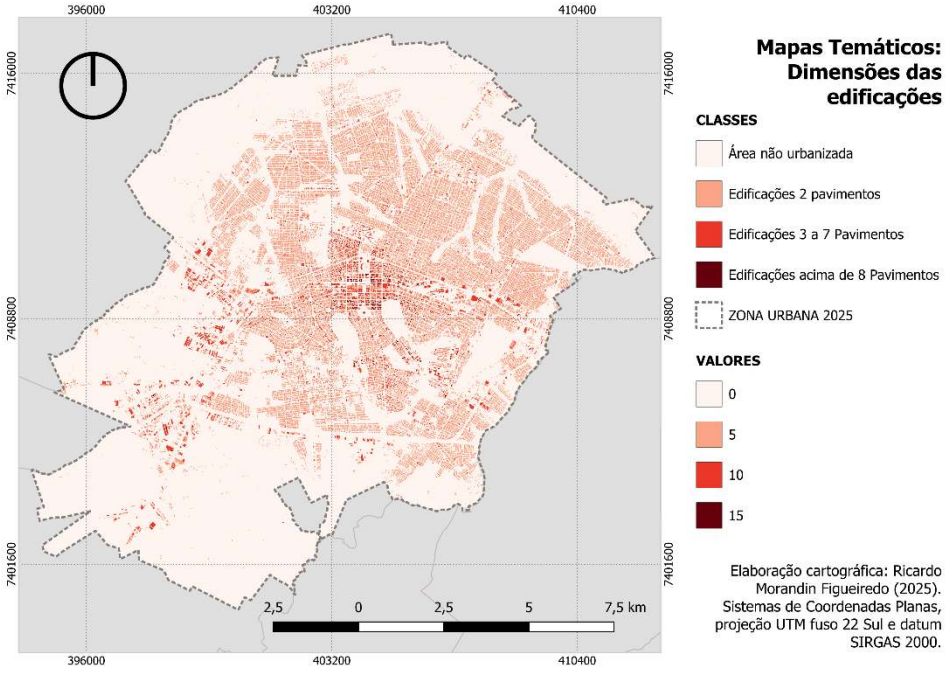
(ventilação). Elementos como edificações e áreas impermeáveis recebem pesos positivos para carga térmica (impacto negativo), enquanto áreas verdes recebem pesos negativos (impacto positivo). Já para o potencial dinâmico, variáveis que favorecem a ventilação recebem pesos negativos, indicando efeito benéfico. A atribuição desses pesos é feita com base na norma internacional alemã VDI 3787, que estabelece diretrizes e recomendações na construção de mapas climático, e através de literatura científica, julgamento dos pesquisadores e características locais.

Resultados

Dimensões das Edificações

O mapa de dimensões das edificações apresentado na Figura 3 ilustra as dimensões da volumetria urbana que impacta diretamente no armazenamento de calor em ambiente urbano (Ferreira, Assis e Katzschner, 2017).

Figura 4 – Mapa Temático ilustrando as dimensões das edificações do município de Maringá.



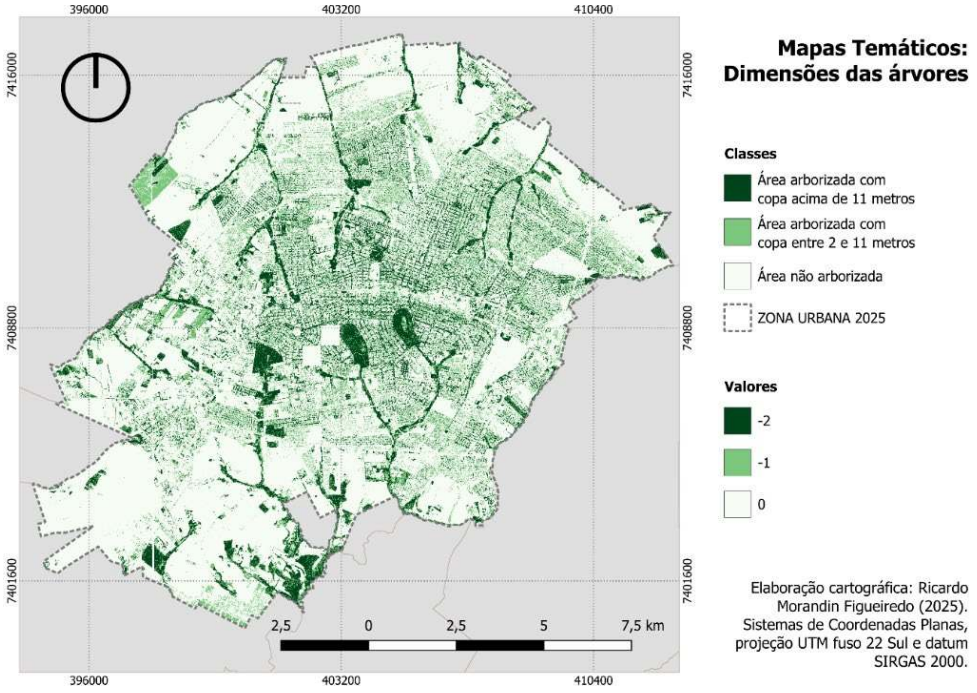
Fonte: Autores, 2025.

Em termos de resposta ao clima urbano, o efeito do adensamento urbano está relacionado predominantemente com a obstrução da visão do céu, o que retarda o resfriamento das superfícies durante as noites de céu claro e calmaria, que são as condições ideais para a formação da ilha de calor noturna (Oke, 1981). As classes em que esta variável tem maior peso (ou seja, áreas representadas por números maiores), são aquelas que concentram edifícios mais altos.

Dimensões das Árvores

Ciente de que a vegetação desempenha um papel fundamental na regulação dos microclimas urbanos, influenciando diretamente a dinâmica térmica e a qualidade do ar (Romero, 2013), foi realizada a reclassificação do mapa de áreas verdes, resultando em um mapa temático que destaca as dimensões das árvores (Figura 4). Nesse mapa, as alturas das árvores foram reclassificadas e atribuídas a valores negativos, considerando sua variação altimétrica, de modo a evidenciar seu impacto positivo na regulação térmica urbana.

Figura 5 – Mapa Temático ilustrando as dimensões das árvores do município de Maringá.

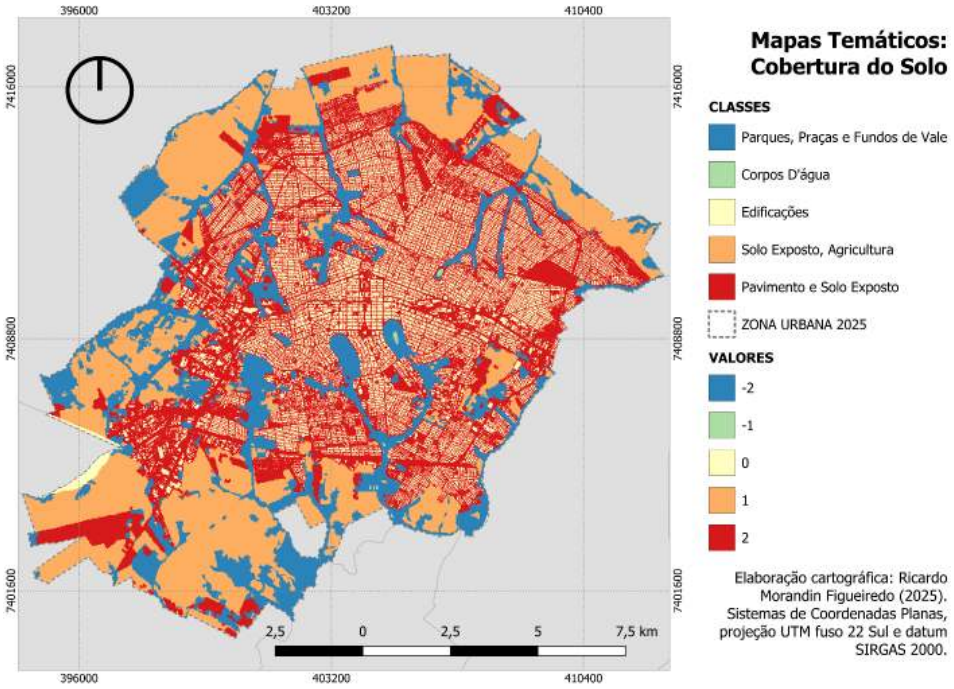


Fonte: Autores, 2025.

Cobertura do Solo

A camada de cobertura do solo apresentada na Figura 5, evidencia o efeito principalmente da pavimentação no acúmulo de calor diurno. As ruas e as áreas não edificadas cobertas por material não permeável são representadas neste mapa com valores positivos, indicando seu impacto positivo na carga térmica, já as áreas verdes e corpos d'água, que são áreas permeáveis, são representadas com valores negativos, indicando seu impacto negativo na carga térmica.

Figura 6 – Mapa Temático ilustrando os tipos de cobertura do solo do município de Maringá.



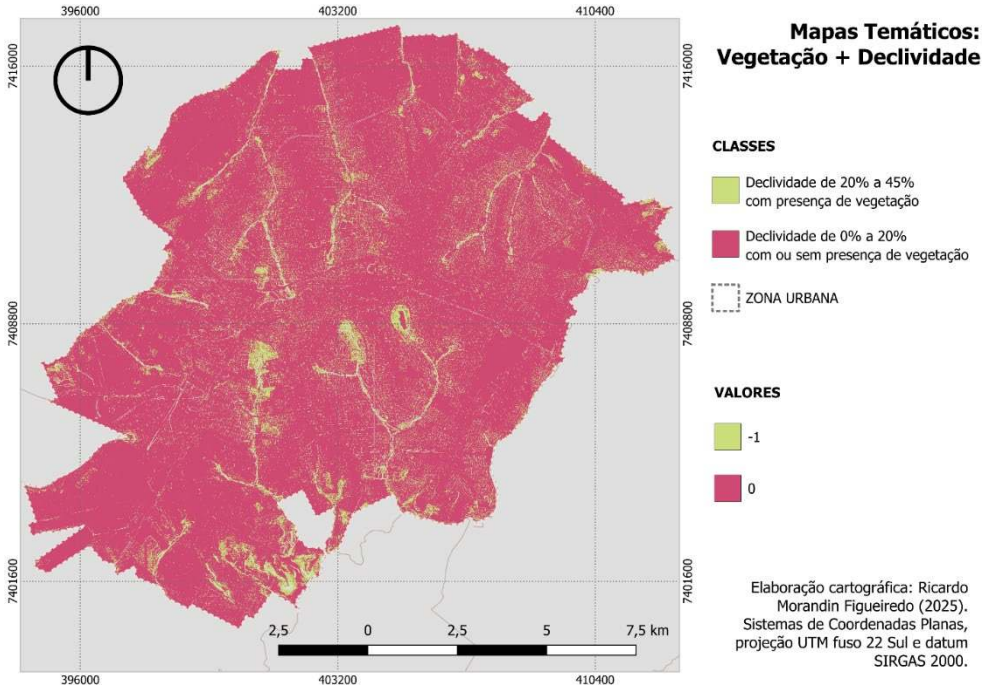
Fonte: Autores, 2025.

Áreas Verdes em Declive

A Figura 6 representa a camada de áreas verdes em declive, identificando as regiões onde há simultaneamente cobertura vegetal e declividade superior a 20%, condições essenciais para a ocorrência do efeito dinâmico gerado pela topografia. Esse efeito, responsável por melhorar a circulação local do ar, só é considerado eficaz quando as áreas inclinadas estão cobertas por

vegetação. Portanto apenas as áreas com declividade acima de 20% e com presença de vegetação foi atribuída valores negativos, indicando seu efeito positivo ao potencial dinâmico do município.

Figura 7 – Mapa Temático ilustrando a distribuição das áreas verdes em declive do município de Maringá.



Fonte: Autores, 2025.

Discussão

Em relação à área construída, definida a partir da projeção horizontal das edificações capturada pela tecnologia LiDAR, essa corresponde a 32,8km², 6,7% do território total do município (Figura 3). Cabe ressaltar que esse percentual não considera a volumetria das construções. Esses dados sugerem que Maringá ainda se encontra em um estágio inicial de urbanização, uma vez que seu território possui 487km² (IBGE, 2023). A análise dos mapas temáticos indica que a verticalização de Maringá ainda se concentra na região central da zona urbana (Figura 3), enquanto suas áreas verdes são bem distribuídas (Figura 4), ocupando diversas regiões e mantendo preservados os fundos de vale. A declividade do município é predominantemente baixa, com a maior parte do território na faixa de 10%.

A análise preliminar também indica que as regiões com maior concentração de carga térmica estão localizadas no centro da zona urbana (Figuras 3 e 5). Esse fenômeno está diretamente relacionado ao elevado volume edificado, que favorece a retenção de calor, reduz a velocidade dos ventos e dificulta a dissipação térmica. Além disso, nessas áreas, o baixo fator de visão do céu, resultante da obstrução causada pelas edificações, intensifica o aprisionamento da carga térmica, potencializando o efeito das ilhas de calor e agravando as condições microclimáticas locais.

Os resultados apresentados até o momento abrangem aspectos da morfologia urbana, das áreas verdes e das características geográficas do município. Quando esses dados forem combinados com os mapas de ventilação, darão origem aos mapas de carga térmica e de potencial dinâmico. Em uma etapa final, esses mapas serão novamente sobrepostos para gerar o UCAnMap de Maringá, no qual os climatopos serão reclassificados com base na concentração de carga térmica e no potencial dinâmico dentro da zona urbana.

Conclusão

A tecnologia LiDAR se apresenta como uma alternativa precisa e eficiente às ferramentas tradicionais na análise do clima urbano, permitindo a modelagem detalhada da malha urbana. A partir dos resultados preliminares conclui-se que:

- Os dados obtidos a partir da nuvem de pontos LiDAR podem ser manipulados em SIG para a criação de modelos digitais de alta precisão.;
- Maringá se encontra em um estágio inicial de urbanização, apresentando uma verticalização concentrada e um padrão de ocupação que impacta diretamente seu comportamento climático.
- A metodologia reforça a importância da integração de ferramentas de geoprocessamento no planejamento urbano para mitigar efeitos das mudanças climáticas.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

BANDYOPADHYAY, Madhurima; VAN AARDT, Jan A. N.; CAWSE-NICHOLSON, Kerry. Classification and extraction of trees and buildings from urban scenes using discrete return LiDAR and aerial color imagery. In: ***Laser Radar Technology and Applications XVIII***. Proceedings of SPIE, v. 8731, p. 873105, 2013. DOI: 10.1117/12.2015890. Acesso em: 20 jan. 2025.

DANG, Bing; LIU, Yonghong; LYU, Hongliang; ZHOU, Xia; DU, Wupeng; XUAN, Chunyi; XING, Pei; YANG, Ruozi; XIONG, Feilin. Assessment of urban climate environment and configuration of ventilation corridor: A refined study in Xi'an**.** ***Journal of Meteorological Research***, v. 36, n. 6, p. 914–930, 2022. DOI: 10.1007/s13351-022-2035-0. Acesso em: 20 fev. 2025.

FERREIRA, Daniele Gomes.; ASSIS, Eleonora Sad.; KATZSCHNER, Lutz. Construção de um Mapa Climático Analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.9 (1) p. 255-270. Curitiba: PUCPress 2017. DOI: 10.1590/2175-3369.009.SUPL1.AO01. Acesso em: 20 fev. 2025.

GARNETT, Ryan; ADAMS, Matthew D. LiDAR—A technology to assist with smart cities and climate change resilience: A case study in an urban metropolis. ***ISPRS International Journal of Geo-Information***, v. 7, n. 5, p. 161, 2018. Acesso em: 20 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Portal Cidades@**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama Acesso em: 23 de mai. 2023.

LIU, Yonghong; CHENG, Pengfei; CHEN, Peng; ZHANG, Shuo**.** Detection of wind corridors based on "Climatopes": a study in central Ji'nan. ***Theoretical and Applied Climatology***, v. 142, p. 869–884, 2020. DOI: 10.1007/s00704-020-03323-z. Acesso em: 20 fev. 2025.

MENEGUETTI, Karin Schwabe. **De cidade-jardim a cidade sustentável**: potencialidades para uma estrutura ecológica urbana em Maringá – PR. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. DOI: 10.11606/T.16.2007.tde-19052010-105818. Acesso em: 20 fev. 2025.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). ***Radiative forcing of climate change: Expanding the concept and addressing uncertainties***. Washington, DC: The National Academies Press, 2005.

NUNES, Layane. A Expansão Urbana de Maringá concomitante à Implantação do Plano de Jorge de Macedo Vieira. In: **Seminário de História da Cidade e do Urbanismo:** Visões e Revisões do século XX, 14., São Carlos. Anais. São Carlos: IAU/USP, 2016. Disponível em: https://www.iau.usp.br/shcu2016/anais/wp-content/uploads/pdfs/39.pdf Acesso em: 20 fev. 2025.

OKE, Timothy Richard. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. ***Journal of Climatology***, v. 1, p. 237-254, 1981. DOI: 10.1002/joc.3370010304. Acesso em: 20 fev. 2025.

REGO, Renato Leão. O desenho urbano de Maringá e a ideia de cidade-jardim. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.6, p. 1569-1577, 2001. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/2801/1853 Acesso em: 20 fev. 2025.

REN, Chao; LAU, Ka Lun; YIU, Kam Po; NG, Edward. The application of urban climatic mapping to the urban planning of high-density cities: The case of Kaohsiung, Taiwan. ***Cities***, v. 31, p. 1–16, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.12.005. Acesso em: 20 fev. 2025.

ROMERO, Marta Adriana Bustos**.** ***Princípios bioclimáticos para o desenho urbano***. Brasília: Editora UnB, 2013. ISBN 978-8523010904.

RUBIRA, Felipe Gomes. 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. **Caderno de Geografia**, 26(46), p. 333-361. Belo Horizonte, 2016. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2016v26n46p333. Acesso em: 20 fev. 2025.

SILVA, Rafael. PIB de Maringá é o 5º melhor do País em cidades do mesmo porte. **G1**, Maringá, 11 mar. 2022.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE – VDI. VDI 3787 Part 1: Environmental meteorology – Climate and air pollution maps for cities and regions. Düsseldorf: VDI, 2015.

YAN, Wai Yeung; SHAKER, Ahmed; EL-ASHMAWY, Nagwa. Urban land cover classification using airborne LiDAR data: A review. ***Remote Sensing of Environment***, v. 158, p. 295-310, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.11.001. Acesso em: 27 jan. 2025.