POTENCIAL DE PRODUTOS GEOESPACIAIS DERIVADOS DE LIDAR E FOTOGRAMETRIA NA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE RESERVA URBANA

Pamella Aparecida Machado da Silva[1], Dayana Alvarenga de Souza[2], Marcel Jesus Dias[3], Rodrigo Bruno Zanin[4], Érico Fernando de Oliveira Martins[5]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Civil, Sinop, Brasil (silva.pamella@unemat.br)
[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Biotecnologia e Biodiversidade, UNEMAT, Cáceres, Brasil
[2,4,5]Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão e Regulação De Recursos Hídricos, Cuiabá, Brasil

Resumo: Este trabalho avaliou o potencial de produtos geoespaciais derivados de LiDAR e fotogrametria para a caracterização ambiental de uma reserva urbana em Sinop-MT. Os dados foram obtidos com RPA equipada com os sensores DJI Zenmuse L1 e P1, permitindo a geração de ortomosaico, nuvem de pontos tridimensional e modelos digitais. Os produtos obtidos possibilitaram análises da vegetação, relevo, drenagem e organização ambiental da área estudada.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; RPA; Cobertura Vegetal.

INTRODUÇÃO

O avanço das Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), também conhecidas como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), tem ampliado a aquisição de dados geoespaciais aplicados aos estudos ambientais (Colomina e Molina, 2014). A incorporação de sensores embarcados, como sistemas LiDAR (*Light Detection and Ranging)* e câmeras fotogramétricas, permitiu a obtenção de produtos com alta resolução espacial e capacidade de representação tridimensional da superfície terrestre. Dessa forma, essas tecnologias vêm sendo cada vez mais empregadas em atividades relacionadas ao monitoramento ambiental, análise da paisagem e caracterização de áreas naturais e urbanas.

Entre as técnicas utilizadas atualmente no sensoriamento remoto, a fotogrametria digital destaca-se pela capacidade de gerar ortomosaicos, modelos tridimensionais e produtos altimétricos de alta resolução a partir de imagens aéreas obtidas por RPA (Colomina e Molina, 2014). Utilizando técnicas de correspondência entre imagens, essa abordagem possibilita a reconstrução tridimensional da superfície terrestre, ampliando o potencial de obtenção de modelos espaciais detalhados para aplicações ambientais e cartográficas.

A alta resolução espacial dos produtos fotogramétricos favorece a identificação visual detalhada de elementos superficiais da paisagem, como cobertura vegetal, trilhas, clareiras, drenagens e microformas do relevo, contribuindo para análises ambientais e cartográficas. A qualidade desses produtos está diretamente relacionada à resolução espacial das imagens adquiridas, normalmente expressa pelo *Ground Sample Distance* (GSD). Valores reduzidos de GSD permitem representar com maior nível de detalhamento feições ambientais de pequena dimensão, ampliando o potencial de reconstrução da superfície terrestre e geração de produtos altimétricos com elevado nível de detalhamento. Dessa forma, levantamentos fotogramétricos com resolução centimétrica expandem significativamente as possibilidades de aplicação dos produtos gerados em estudos e análises ambientais urbanas.

Apesar do elevado potencial da fotogrametria para a representação detalhada da superfície terrestre, essa técnica apresenta limitações em ambientes com cobertura vegetal densa, uma vez que a reconstrução tridimensional é baseada predominantemente nas informações visíveis da superfície observada pelas imagens. Dessa forma, os modelos gerados tendem a representar predominantemente a superfície visível da vegetação, dificultando a obtenção de informações detalhadas sobre o terreno localizado sob o dossel. Em

estudos ambientais que demandam análises do relevo, da estrutura vertical da vegetação e da interação entre solo e cobertura vegetal, torna-se necessária a utilização de tecnologias complementares capazes de ampliar a representação tridimensional da paisagem.

Nesse contexto, sensores LiDAR embarcados em RPA têm se destacado como uma tecnologia complementar à fotogrametria, especialmente em ambientes com cobertura vegetal (Shan e Toth, 2018). Diferentemente dos sensores ópticos convencionais, o LiDAR apresenta capacidade de registrar múltiplos retornos do pulso laser, permitindo representar tanto a estrutura da vegetação quanto características do terreno sob a cobertura vegetal. Essa característica amplia as possibilidades de análise do relevo e da cobertura vegetal, favorecendo estudos relacionados ao microrelevo, à geomorfometria e à caracterização estrutural da vegetação, principalmente em ambientes urbanos e áreas florestadas (Guerra e Cunha, 2012).

Nos levantamentos LiDAR, a qualidade da representação tridimensional está associada principalmente à densidade de pontos obtida por unidade de área, geralmente expressa em pontos/m² (Vosselman e Maas, 2010). Maiores densidades favorecem a representação mais detalhada da superfície terrestre e da estrutura da vegetação, ampliando a capacidade de identificação de pequenas variações altimétricas e elementos estruturais da paisagem (Vosselman e Maas, 2010). Em ambientes urbanos e áreas com cobertura vegetal, levantamentos com elevada densidade de pontos apresentam importante potencial para aplicações geomorfológicas, ambientais e estudos relacionados à estrutura da vegetação.

A utilização de produtos geoespaciais de alta resolução possui grande relevância em reservas urbanas devido à reduzida dimensão desses fragmentos vegetais e à intensa influência das atividades antrópicas em seu entorno (Ávila e Pancher, 2015). Essas reservas demandam informações espaciais compatíveis com a escala de alterações ambientais, como abertura de trilhas, deposição de resíduos, supressão da vegetação, processos erosivos e modificações em corpos hídricos. Nesse contexto, produtos com elevado nível de detalhamento tornam-se fundamentais para o monitoramento ambiental, permitindo identificar mudanças na paisagem e subsidiar ações de gestão e conservação. Além disso, essas áreas contribuem para a manutenção da biodiversidade, conservação dos recursos naturais e oferta de serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos.

Entretanto, produtos orbitais tradicionalmente utilizados em estudos ambientais, como os Modelos Digitais de Elevação derivados das missões *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS), bem como imagens ópticas orbitais de média resolução espacial, podem apresentar limitações na análise de reservas urbanas. A resolução espacial desses produtos frequentemente não permite representar adequadamente pequenas feições do relevo, da cobertura vegetal e de alterações ambientais localizadas, reduzindo seu potencial para estudos que demandam elevado nível de detalhes.

Nesse contexto, a integração entre sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento amplia as possibilidades de análise espacial e interpretação ambiental (Azevedo e Costa, 2023). Produtos como ortomosaicos, Modelos Digitais de Terreno (MDT), Modelos Digitais de Superfície (MDS) e nuvens de pontos tridimensionais podem auxiliar estudos geomorfológicos, hidrológicos e ambientais, além de contribuir para ações de monitoramento e planejamento ambiental em reservas urbanas (Vosselman e Maas, 2010).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar qualitativamente o potencial dos produtos geoespaciais derivados de LiDAR e fotogrametria para a caracterização espacial e ambiental de uma reserva urbana, tendo como área de estudo uma reserva localizada no município de Sinop-MT.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na reserva urbana R7 (Figura 1), no município de Sinop-MT, situada em uma região de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia. Embora a reserva possua aproximadamente 45 hectares de extensão, o levantamento foi realizado em uma área de cerca de 3,3 hectares, delimitada pelo polígono destacado em vermelho na Figura 1.



Figura 1. Reserva urbana R7 no município de Sinop-MT com destaque de preenchimento vermelho para a área de estudo. Fonte: Elaboração própria (2026).

Para a aquisição dos dados geoespaciais foi utilizado o RPA DJI Matrice 300 RTK (Figura 2a), equipado com os sensores DJI Zenmuse L1 (Figura 2b) e DJI Zenmuse P1 (Figura 2c). O sensor Zenmuse L1, composto por sistema LiDAR integrado a uma unidade GNSS/IMU, foi empregado na aquisição de dados tridimensionais da superfície terrestre e da cobertura vegetal, possibilitando a geração de nuvens de pontos. Já o sensor Zenmuse P1, equipado com câmera RGB full frame 35 mm, foi utilizado na captura de imagens aéreas de alta resolução espacial destinadas à geração de produtos fotogramétricos da área de estudo.

Estudos anteriores demonstraram o potencial dos sensores Zenmuse P1 e Zenmuse L1 para geração de nuvens de pontos e modelos digitais de elevação em ambientes com diferentes características de cobertura do solo (Martins et al., 2024).

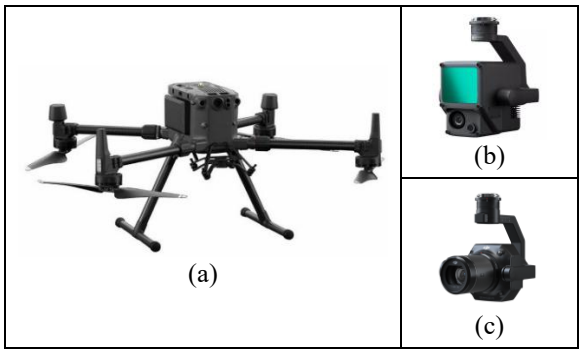


Figura 2. RPA (a) *DJI Matrice 300 RTK* e sensores (b) *DJI Zenmuse L1* e (c) *DJI Zenmuse P1*. Fonte: https://enterprise.dji.com

O planejamento dos voos foi realizado no aplicativo *DJI Pilot,* com duas missões consecutivas visando garantir adequada cobertura da área de estudo, considerando parâmetros relacionados a plataforma e a cada um dos sensores. Na Figura 3 observa-se o resumo das configurações para o sensor LiDAR.



Figura 3. Interface do aplicativo DJI Pilot com visualização de dados de voo com o sensor DJI Zenmuse L1. Fonte: Autor próprio.

Para a captura com o sensor LiDAR *Zenmuse L1* foram definidos os parâmetros da Tabela 1.

Tabela 1. Configuração do sensor LiDAR *DJI Zenmuse L1*. Fonte: Elaboração própria (2026)

Parâmetro	Valor configurado	Observação técnica
Flight Route Altitude	70 m	Altitude de voo
Flight Speed	5,5 m/s	Velocidade de voo
Side Overlap	80%	Sobreposição lateral
Forward Overlap	80%	Sobreposição longitudinal
Return Mode	Triple	Registro de 3 retornos
Sampling Rate	160 kHz	Taxa de disparo
Densidade estimada	1003 pontos/m²	Quantidade de pontos por m²

Já na Figura 4 observa-se o resumo das configurações do voo com o sensor fotogramétrico.



Figura 4. Interface do aplicativo DJI Pilot com visualização de dados de voo com o sensor DJI Zenmuse P1. Fonte: Autor próprio.

Para a captura com o sensor fotogramétrico Zenmuse P1 foram definidos os parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de configuração da captura com o sensor fotogramétrico *DJI Zenmuse P1*. Fonte: Elaboração própria (2026)

Parâmetro	Valor configurado	Observação técnica
Flight Route Altitude	80 m	Altitude de voo reduzida
Flight Speed	6,3 m/s	Velocidade operacional
Side Overlap Ratio	70%	Sobreposição lateral
Frontal Overlap Ratio	80%	Sobreposição longitudinal
Photo Mode	Distance Interval Shot	Captura automática por distância
Focus Mode	First Waypoint	Foco no primeiro waypoint

Os dados LiDAR e fotogramétricos foram processados no software *DJI Terra*, no qual foram realizadas as etapas de alinhamento, reconstrução da superfície e geração dos produtos geoespaciais derivados do levantamento. Para os dados LiDAR foram executadas etapas de filtragem e classificação básica da nuvem de pontos, permitindo a separação entre terreno e vegetação e a geração do Modelo Digital de Terreno (MDT), Modelo Digital de Superfície (MDS) e nuvem de pontos tridimensionais. Para os dados fotogramétricos foram realizados procedimentos de aerotriangulação, alinhamento das imagens e geração do ortomosaico da área de estudo.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Os produtos fotogramétricos gerados a partir das imagens obtidas pelo sensor Zenmuse P1 apresentaram resolução centimétrica, permitindo a representação contínua da superfície da area de teste. O ortomosaico produzido (Figura 5) possibilitou a identificação visual de diferentes elementos presentes na paisagem, incluindo padrões de cobertura vegetal, corpos hídricos, áreas de solo exposto e alterações estruturais na vegetação.



Figura 5. Ortomosaico da reserva urbana R7 gerado a partir de imagens obtidas com o sensor DJI Zenmuse P1. Fonte: Elaboração própria (2026).

A elevada capacidade de discriminação espacial observada no ortomosaico está diretamente relacionado às características do levantamento fotogramétrico realizado. A sobreposição frontal de 80% e lateral de 70%, associada à altitude de voo de 80 m, possibilitou a obtenção de imagens com resolução espacial aproximada de 1 cm/pixel. Essas condições favoreceram a reconstrução fotogramétrica da superfície e contribuíram para a geração de um produto contínuo e com elevado nível de detalhamento, permitindo a identificação de feições ambientais de pequena dimensão presentes na reserva urbana.

Na Figura 6 observa-se um trecho de cobertura vegetal da reserva urbana, no qual diferentes padrões geométricos e espectrais do dossel pode ser identificado visualmente em níveis crescentes de aproximação. Em maiores escalas, especialmente em 1:25, torna-se possível distinguir diferentes padrões associados às espécies vegetais presentes na área.



Figura 6. Diferentes escalas de visualização do ortomosaico da reserva urbana R7 evidenciando

padrões geométricos e espectrais da cobertura vegetal: (a) 1:200; (b) 1:100; (c) 1:50; (d) 1:25. Fonte: Elaboração própria (2026).

A Figura 7 apresenta um corpo hídrico inserido no interior da cobertura vegetal da reserva urbana. O aumento progressivo da escala permite observar o contorno da calha do curso d'água, além da identificação de materiais e resíduos descartados em seu entorno. Esse resultado evidencia o potencial do ortomosaico de alta resolução para o monitoramento ambiental, permitindo identificar alterações superficiais e possíveis impactos antrópicos em áreas de preservação. Além disso, o elevado detalhamento espacial favorece a delimitação de feições associadas à drenagem e subsidia ações de fiscalização e gestão ambiental em reservas urbanas.



Figura 7. Diferentes escalas de visualização do ortomosaico da reserva urbana R7 evidenciando corpo hídrico inserido na cobertura vegetal e resíduos presentes no entorno: (a) 1:200; (b) 1:100; (c) 1:50; (d) 1:25. Fonte: Elaboração própria (2026).

Na Figura 8 observa-se a presença de uma árvore caída no interior da reserva urbana. O elevado detalhamento espacial do ortomosaico permite identificar com precisão a geometria do tronco e de outros elementos associados, especialmente nas escalas de 1:50 e 1:25, possibilitando inclusive a realização de medições diretamente sobre a imagem. Esse nível de detalhamento favorece análises relacionadas à dinâmica da vegetação, à identificação de alterações decorrentes de eventos naturais ou ações antrópicas e ao monitoramento de áreas sujeitas à degradação ambiental.

Dessa forma, o ortomosaico constitui uma importante ferramenta para o acompanhamento de mudanças estruturais na paisagem e para o suporte a ações de gestão e conservação ambiental em reservas.



Figura 8. Diferentes escalas de visualização do ortomosaico da reserva urbana R7 evidenciando árvore caída no interior da reserva urbana: (a) 1:200; (b) 1:100; (c) 1:50; (d) 1:25. Fonte: Elaboração própria (2026).

Embora o ortomosaico apresente elevado potencial para a representação detalhada da superfície terrestre e identificação visual dos elementos da paisagem, os produtos derivados do LiDAR ampliam as possibilidades de caracterização espacial da reserva urbana. A geração de nuvens de pontos tridimensionais, Modelos Digitais de Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS) permite analisar aspectos relacionados ao relevo, à cobertura vegetal e à estrutura vertical da paisagem. Dessa forma, a integração entre produtos fotogramétricos e LiDAR fornece informações complementares que ampliam o potencial de interpretação ambiental.

A elevada sobreposição entre as faixas de voo (80%), associada ao modo de aquisição com três retornos e à taxa de disparo de 160 kHz, resultou em uma nuvem de pontos com elevada densidade espacial e elevada capacidade de representação dos elementos presentes na área de estudo. A principal representação dos dados LiDAR é a nuvem de pontos tridimensional, que registra a distribuição espacial dos alvos interceptados pelos pulsos laser e possibilita a representação simultânea do terreno, da vegetação e de feições antrópicas. As Figuras 9, 10 e 11 apresentam diferentes formas de visualização dessa nuvem de pontos, destacando atributos que contribuem para a interpretação ambiental da paisagem.

A nuvem de pontos gerada para a área de estudo foi composta por 24.415.593 pontos. Considerando a área efetivamente levantada de aproximadamente 3,3 hectares, obteve-se uma densidade média de cerca de 740 pontos/m², valor que evidencia o elevado nível de detalhamento espacial alcançado pelo levantamento. Densidades dessa magnitude favorecem a representação de pequenas variações altimétricas do terreno e permitem uma descrição mais detalhada da estrutura vertical da vegetação.

Na Figura 9 observa-se a visualização da nuvem de pontos colorizada por valores RGB, obtidos a partir da câmera auxiliar integrada ao sistema LiDAR. Essa representação produz uma visualização próxima à percepção visual humana, facilitando a identificação de diferentes elementos da paisagem, como cobertura vegetal, vias de circulação, edificações e áreas de solo exposto.

A Figura 10 apresenta a nuvem de pontos colorizada pela intensidade do retorno do pulso laser. Nessa forma de representação, os níveis de cinza refletem diferenças na energia retornada ao sensor, associadas às propriedades físicas e à refletância dos materiais presentes na superfície. Essa visualização auxilia na diferenciação de alvos e pode fornecer indicativos sobre características da vegetação, do terreno e de superfícies artificiais.



Figura 9. Nuvem de pontos LiDAR colorida por RGB.

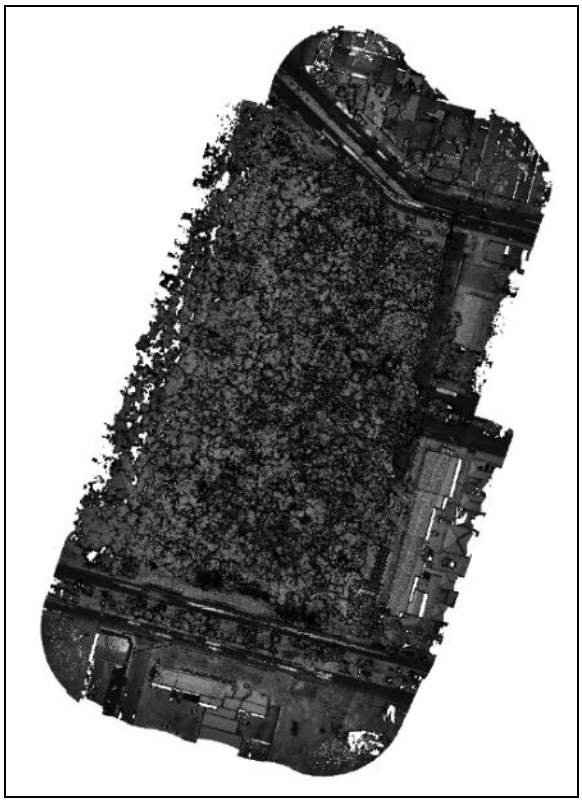


Figura 10. Nuvem de pontos LiDAR colorida por intensidade.

Por sua vez, a Figura 11 apresenta a nuvem de pontos colorizada por altitude. Nessa representação, a variação cromática está associada à elevação dos pontos, permitindo identificar rapidamente diferenças altimétricas e padrões relacionados ao relevo e à estrutura vertical da vegetação. Observa-se a predominância de cotas mais elevadas na cobertura arbórea e valores inferiores associados ao terreno e às áreas abertas.

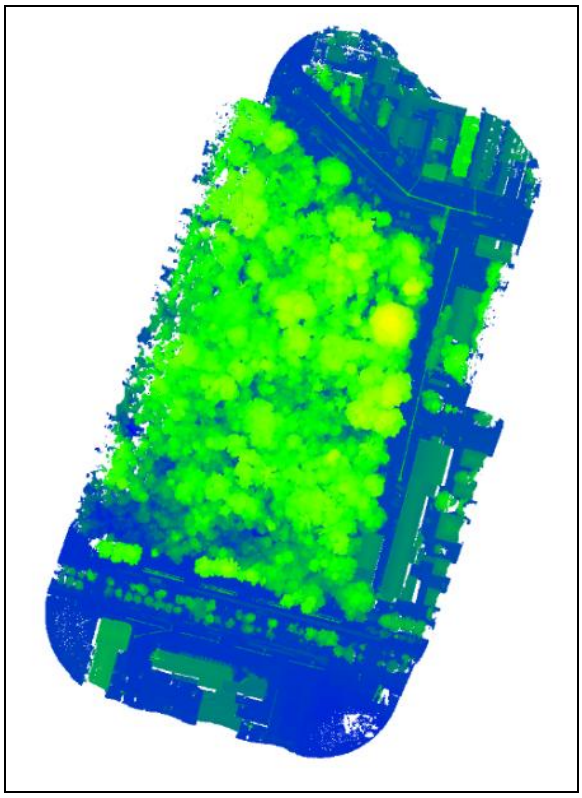


Figura 11. Nuvem de pontos LiDAR colorida por altitudes.

Em conjunto, as diferentes formas de visualização da nuvem de pontos evidenciam o potencial dos dados LiDAR para análises ambientais, geomorfológicas e estruturais da vegetação, constituindo uma importante fonte de informações para a caracterização espacial de reservas urbanas.

Além das visualizações planimétricas, a natureza tridimensional da nuvem de pontos permite a navegação em perspectivas oblíquas e perfis espaciais da paisagem. A Figura 12 apresenta diferentes perspectivas da nuvem de pontos, evidenciando a distribuição vertical da cobertura vegetal e a capacidade do produto em representar a estrutura tridimensional da reserva urbana. Esse tipo de visualização favorece análises relacionadas à altura da vegetação, continuidade do dossel e identificação de clareiras ou descontinuidades estruturais presentes na área estudada.

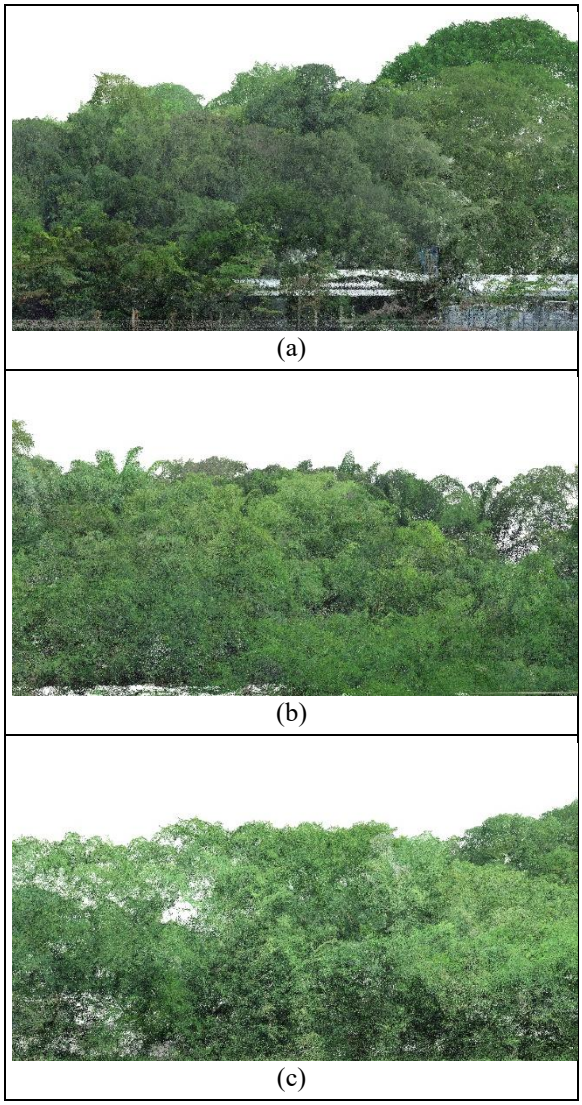
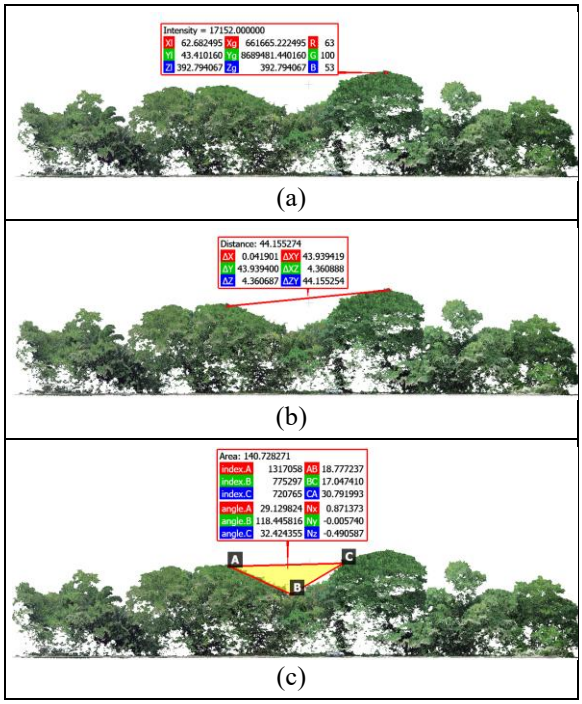


Figura 12. Diferentes perspectivas de visualização da nuvem de pontos LiDAR da reserva urbana R7, evidenciando a estrutura tridimensional da cobertura vegetal: (a), (b) e (c) diferentes ângulos de observação. Fonte: Elaboração própria (2026).

Além da visualização tridimensional, a nuvem de pontos possibilita a realização de medições diretamente sobre os elementos representados, sem a necessidade de conversão prévia para outros produtos cartográficos. A Figura 13 apresenta exemplos de ferramentas de mensuração aplicadas à nuvem de pontos.

Na Figura 13a observa-se a obtenção das coordenadas tridimensionais de pontos específicos da cena, enquanto a Figura 13b ilustra a medição de distâncias entre elementos presentes na cobertura vegetal. Já a Figura 13c demonstra a determinação de áreas e ângulos diretamente no ambiente tridimensional.



(a)

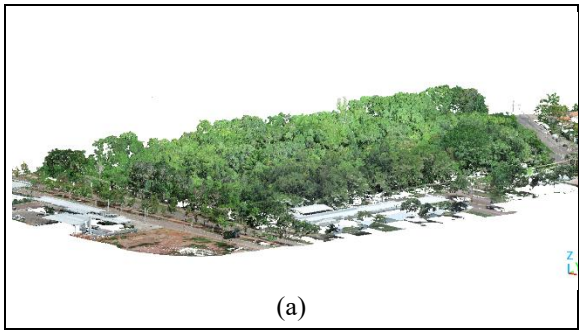
(b)

(c)

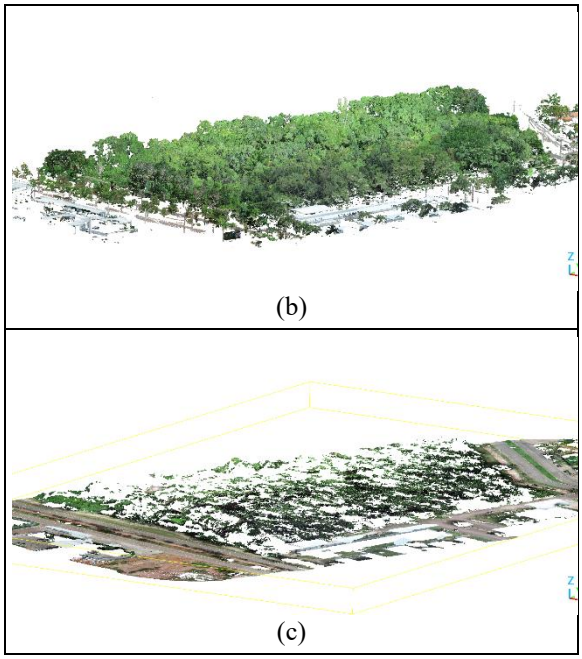
Figura 13. Medições realizadas diretamente na nuvem de pontos, sendo (a) localização do ponto, (b) distancia entre pontos e (c) área e angulos.

Uma das principais vantagens dos levantamentos LiDAR consiste na possibilidade de classificação dos pontos registrados e posterior separação dos diferentes componentes da paisagem. A Figura 14 apresenta o resultado do processo de filtragem da nuvem de pontos realizado durante o processamento dos dados. Na Figura 14a observa-se a nuvem de pontos original, contendo simultaneamente informações do terreno, da vegetação e de demais elementos presentes na área de estudo.

A Figura 14b apresenta os pontos classificados como vegetação, evidenciando a estrutura tridimensional do dossel e permitindo análises relacionadas à distribuição espacial e vertical da cobertura vegetal. Por sua vez, a Figura 14c apresenta exclusivamente os pontos classificados como terreno, removendo a influência da vegetação e tornando visíveis as características topográficas da superfície.



(a)



(b)

(c)

Figura 14. (a) Visualização da nuvem de pontos LiDAR e resultado da filtragem, sendo (b) nuvem de pontos que descrevem a estrutura da vegetação (c) nuvem de pontos que descreve a superfície do terreno.

Essa separação entre terreno e vegetação constitui uma das principais contribuições dos dados LiDAR para estudos ambientais, uma vez que permite analisar individualmente componentes da paisagem que normalmente permanecem sobrepostos em produtos derivados exclusivamente de imagens fotogramétricas. Dessa forma, torna-se possível gerar modelos altimétricos mais representativos do relevo e ampliar o potencial de interpretação geomorfológica da área estudada.

A partir dos pontos classificados como terreno foi gerado o Modelo Digital de Terreno (MDT), apresentado na Figura 15. Esse produto representa a superfície topográfica da área de estudo com a vegetação e demais elementos acima do solo removidos, permitindo uma visualização mais fiel das características do relevo local.

Observa-se que o MDT evidencia variações altimétricas sutis que dificilmente poderiam ser identificadas apenas por meio da inspeção visual do ortomosaico. A elevada densidade da nuvem de pontos contribuiu para a geração de uma superfície contínua e detalhada, capaz de representar pequenas feições topográficas presentes na reserva urbana.

A representação detalhada dessa calha demonstra a capacidade do levantamento LiDAR em identificar elementos hidrológicos de pequena dimensão, mesmo em ambientes com cobertura vegetal. A continuidade espacial da feição sugere sua função como principal

eixo de escoamento superficial da área, atuando na concentração e condução das águas pluviais. Além disso, a diferença altimétrica observada entre a drenagem e as áreas adjacentes evidencia o controle exercido pelo relevo na organização da paisagem e na dinâmica hidrológica local.



Figura 15. MDT elaborado a partir da nuvem de pontos do terreno

Produtos dessa natureza possuem ampla aplicação em estudos ambientais, podendo subsidiar análises geomorfológicas, modelagem hidrológica, delimitação de áreas sujeitas a processos erosivos e identificação de padrões de drenagem. Em reservas urbanas, o MDT também constitui uma importante ferramenta para o planejamento ambiental e para o monitoramento de alterações na dinâmica da paisagem.

Essas informações ampliam significativamente o potencial de aplicação do MDT em estudos hidrológicos e geomorfológicos, permitindo análises relacionadas à direção preferencial do escoamento, delimitação de áreas potencialmente sujeitas ao acúmulo de água, identificação de processos erosivos e compreensão da interação entre relevo, drenagem e cobertura vegetal.

CONCLUSÃO

Os produtos geoespaciais gerados a partir da integração entre fotogrametria e LiDAR demonstraram elevado potencial para a caracterização ambiental da reserva urbana estudada. O ortomosaico permitiu a identificação detalhada de elementos da paisagem, incluindo padrões da cobertura vegetal, corpos hídricos, resíduos e alterações estruturais na vegetação, evidenciando a contribuição da fotogrametria para o monitoramento ambiental em escala local.

Os dados LiDAR complementaram as informações obtidas pelo ortomosaico ao possibilitar a geração de nuvem de pontos tridimensional e de produtos altimétricos capazes de representar a estrutura vertical da vegetação e as características do relevo. A elevada densidade de pontos obtida favoreceu a identificação de pequenas variações topográficas e permitiu a separação entre terreno e cobertura vegetal, ampliando as possibilidades de análise ambiental e geomorfológica da área.

O Modelo Digital de Terreno mostrou-se particularmente relevante para a identificação de feições hidrológicas, evidenciando uma calha de drenagem não perceptível com o mesmo nível de detalhamento em produtos convencionais. Os resultados obtidos demonstram que a integração entre LiDAR, fotogrametria e geoprocessamento constitui uma importante ferramenta para o monitoramento, planejamento e conservação de reservas urbanas, fornecendo informações espaciais de alta resolução capazes de subsidiar estudos ambientais e ações de gestão territorial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no âmbito do Edital nº 008/2025 – UNEMAT/PRPPG – Bolsas PIBIC/CNPq; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), por meio do FAPEMAT n.º 010/2025 - Doutorado com produto tecnológico (PRO.0002044/2025) pelo financiamento das bolsas. Os autores agradecem ainda ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), ao Laboratório de Informação Espacial (SpInLab) e ao Laboratório de Análise de Imagens Digitais (LAID) pelo suporte técnico, científico e estrutural fornecido. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) por meio do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, M. R.; PANCHER, A. M. Estudo das áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental no município de Americana-SP. Revista

Brasileira de Cartografia, v. 67, n. 3, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n3-44648. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44648. Acesso em: 09 set. 2025.

AZEVEDO, Ú. R. de; COSTA, D. M. Expansão urbana e conservação ambiental: geotecnologias como subsídio às políticas de ordenamento territorial em Vargem das Flores-Contagem/MG. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 32, n. 1, p. 206–225, 2023. DOI: 10.15446/rcdg.v32n1.98050. Disponível em: https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/98050. Acesso em: 09 set. 2025.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 92, p. 79–97, 2014. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

MARTINS, É. F. O.; GONÇALVES, C. A. G.; ZANIN, R. B.; SANTOS, F. L.; SILVA, P. A. M. Nuvem de pontos gerada por fotogrametria e LiDAR: um comparativo entre DJI Zenmuse P1 e DJI Zenmuse L1. In: CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 5., 2024, Online. Anais [...]. [S.l.]: CoBICET, 2024.

SHAN, J.; TOTH, C. K. Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.

VOSSELMAN, G.; MAAS, H.-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath: Whittles Publishing, 2010.