

Grupo de Pesquisa: Georreferenciamento de Imóveis Rurais e Urbanos

Título: Aplicação de Drones e Fotogrametria no Levantamento Topográfico de Áreas Urbanas

SOUZA, Marcos Timóteo Rodrigues de (Orientador)

CENA, Jânio Rodrigues de

JÚNIOR, Osvaldo Paladini

MOREIRA, Thalia Carvalho

SANTOS, Erivaldo Esteves

SILVA, Gleison Cleber Soares de Oliveira

Resumo

O avanço das tecnologias geoespaciais tem transformado significativamente os métodos de coleta de dados topográficos. Entre essas tecnologias, os veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, têm se destacado pela capacidade de realizar levantamentos rápidos, precisos e de baixo custo. O presente estudo tem como objetivo analisar a aplicação de drones e técnicas de fotogrametria no levantamento topográfico de áreas urbanas, destacando suas vantagens em relação aos métodos tradicionais. A pesquisa apresenta caráter exploratório e baseia-se em revisão bibliográfica sobre o uso de geotecnologias no mapeamento territorial. Os resultados indicam que a utilização de drones permite obter imagens aéreas de alta resolução, possibilitando a geração de ortomosaicos, modelos digitais de superfície e modelos tridimensionais do terreno. Conclui-se que a integração entre drones, fotogrametria digital e sistemas de informação geográfica representa uma ferramenta eficiente para o planejamento urbano, contribuindo para maior precisão nos levantamentos topográficos e otimização de projetos de engenharia.

Palavras-chave: Fotogrametria; Drones; Geotecnologias; Levantamento topográfico; Planejamento urbano.

Introdução

Nas últimas décadas, o desenvolvimento das tecnologias geoespaciais tem promovido avanços significativos nas técnicas de levantamento topográfico e mapeamento territorial. Métodos tradicionais, que anteriormente exigiam longos períodos de coleta de dados em campo, têm sido gradualmente complementados ou substituídos por tecnologias digitais

capazes de capturar informações espaciais de forma mais rápida e precisa (Câmara et al., 2001).

Entre essas tecnologias, os veículos aéreos não tripulados (VANTs), conhecidos como drones, têm se destacado como ferramentas importantes para o levantamento topográfico e a obtenção de imagens aéreas de alta resolução. Equipados com sensores fotográficos e sistemas de posicionamento global, esses equipamentos permitem a captura de imagens detalhadas da superfície terrestre, que posteriormente podem ser processadas por técnicas de fotogrametria digital para gerar modelos tridimensionais do terreno (Colomina; Molina, 2014).

A utilização de drones em levantamentos topográficos apresenta diversas vantagens em relação aos métodos convencionais. Entre elas destacam-se a rapidez na coleta de dados, a redução de custos operacionais, a possibilidade de levantamento em áreas de difícil acesso e a obtenção de produtos cartográficos com elevado nível de detalhamento (Eisenbeiss, 2009).

Além disso, a integração entre drones, fotogrametria e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita o processamento e análise de grandes volumes de dados geoespaciais, contribuindo para o desenvolvimento de aplicações em áreas como planejamento urbano, monitoramento ambiental, gestão territorial e projetos de engenharia civil (Burrough; McDonnell, 1998).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a importância da utilização de drones e técnicas de fotogrametria digital no levantamento topográfico de áreas urbanas, destacando suas aplicações no planejamento territorial e na gestão do espaço urbano.

1. Referências Teórico

1.1. Fotogrametria digital

A fotogrametria é uma técnica amplamente utilizada nas áreas de cartografia, engenharia e geotecnologias, que permite obter informações métricas de objetos e superfícies a partir da análise de fotografias. Por meio da interpretação e processamento de imagens, é possível extrair medidas, coordenadas e características geométricas dos elementos presentes na superfície terrestre. Esse processo possibilita a geração de informações espaciais

detalhadas sem a necessidade de contato direto com os objetos analisados, o que torna a fotogrametria uma ferramenta importante para levantamentos topográficos e mapeamento territorial (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

De acordo com Wolf, Dewitt e Wilkinson (2014), a fotogrametria baseia-se em princípios geométricos e matemáticos que permitem determinar a posição tridimensional de pontos presentes em fotografias. Esse processo ocorre por meio da triangulação fotogramétrica, na qual múltiplas imagens de uma mesma área são analisadas simultaneamente para identificar pontos comuns entre elas. A partir dessas correspondências, é possível calcular as coordenadas espaciais desses pontos e reconstruir digitalmente a forma e a posição dos objetos ou do terreno representado nas imagens.

Tradicionalmente, a fotogrametria era realizada a partir de fotografias aéreas obtidas por aeronaves tripuladas, sendo amplamente utilizada em levantamentos cartográficos de grande escala. Entretanto, com o avanço das tecnologias digitais e o desenvolvimento de sensores fotográficos de alta resolução, os métodos fotogramétricos passaram por significativa evolução, permitindo maior precisão e eficiência no processamento dos dados geoespaciais (Lillesand; Kiefer; Chipman, 2015).

Com a introdução da fotogrametria digital, tornou-se possível processar grandes conjuntos de imagens de forma automatizada por meio de softwares especializados. Esses sistemas utilizam algoritmos computacionais avançados para identificar pontos homólogos entre diferentes imagens, realizar ajustes geométricos e gerar modelos tridimensionais da superfície terrestre. Esse processo é conhecido como estrutura a partir do movimento (Structure from Motion – SfM), técnica que permite reconstruir superfícies tridimensionais a partir de múltiplas imagens sobrepostas (Remondino; El-Hakim, 2006).

A aplicação da fotogrametria digital possibilita a geração de diversos produtos cartográficos, amplamente utilizados em projetos de engenharia, planejamento urbano e monitoramento ambiental. Entre esses produtos destacam-se as ortofotos, que são imagens corrigidas geometricamente para eliminar distorções causadas pela inclinação da câmera e pela topografia do terreno, permitindo que sejam utilizadas como mapas com escala uniforme (Florenzano, 2007).

Outro produto importante são os Modelos Digitais de Superfície (MDS) e os Modelos Digitais do Terreno (MDT), que representam digitalmente a topografia da área analisada. Esses modelos permitem analisar características do relevo, calcular declividades, identificar áreas de depressão e apoiar estudos relacionados ao planejamento urbano, drenagem e infraestrutura (Li, 2004).

Além disso, a fotogrametria digital possibilita a criação de modelos tridimensionais detalhados, que podem representar tanto a superfície terrestre quanto estruturas construídas pelo ser humano, como edificações, pontes e obras de infraestrutura. Esses modelos 3D têm sido amplamente utilizados em projetos de engenharia civil, arquitetura, planejamento urbano e preservação do patrimônio histórico (Remondino; El-Hakim, 2006).

Com o avanço das geotecnologias e a popularização do uso de drones (VANTs) equipados com câmeras de alta resolução, a fotogrametria passou a ser ainda mais acessível e eficiente. Os drones permitem capturar imagens aéreas em baixa altitude com elevada sobreposição entre as fotografias, o que favorece o processamento fotogramétrico e a geração de modelos tridimensionais com alto nível de detalhamento (Colomina; Molina, 2014).

Dessa forma, a fotogrametria digital tornou-se uma ferramenta essencial para o levantamento e análise de dados geoespaciais. A combinação entre imagens aéreas, softwares de processamento e sistemas de georreferenciamento possibilita obter informações espaciais precisas, contribuindo para o desenvolvimento de aplicações em diversas áreas, como cartografia, engenharia, planejamento urbano e monitoramento ambiental.

1.2. Uso de drones no levantamento topográfico

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, têm sido amplamente utilizados em levantamentos topográficos devido à sua capacidade de capturar imagens aéreas detalhadas de forma rápida e eficiente. Esses equipamentos representam uma evolução significativa nas técnicas de aquisição de dados espaciais, pois permitem realizar levantamentos em grandes áreas em períodos relativamente curtos, reduzindo custos operacionais e aumentando a produtividade em comparação aos métodos tradicionais de levantamento em campo (Colomina; Molina, 2014).

Os drones podem operar em diferentes altitudes e seguir rotas de voo previamente programadas, garantindo cobertura completa e sistemática da área de estudo. Durante o voo, os sensores fotográficos acoplados ao equipamento capturam uma sequência de imagens com elevado grau de sobreposição entre si, tanto longitudinal quanto lateralmente. Essa sobreposição é essencial para o processamento fotogramétrico, pois permite identificar pontos comuns entre as imagens e realizar a reconstrução tridimensional da superfície analisada (Eisenbeiss, 2009).

De acordo com Colomina e Molina (2014), a utilização de drones no mapeamento territorial tem se expandido rapidamente devido à sua flexibilidade operacional e à capacidade de obter imagens de alta resolução espacial. Diferentemente das imagens obtidas por satélites ou aeronaves tripuladas, os drones podem voar a baixas altitudes, o que possibilita a captura de imagens com elevado nível de detalhamento, tornando-os especialmente úteis para levantamentos topográficos em áreas urbanas e projetos de engenharia.

As imagens capturadas pelos drones são posteriormente processadas por softwares de fotogrametria digital, que realizam a correlação e a sobreposição das imagens por meio de algoritmos computacionais avançados. Esse processamento permite identificar milhares ou até milhões de pontos correspondentes entre as fotografias, possibilitando a geração de nuvens de pontos tridimensionais que representam a superfície terrestre com elevado nível de precisão (Remondino; El-Hakim, 2006).

A partir dessas nuvens de pontos é possível gerar diversos produtos cartográficos, como Modelos Digitais de Superfície (MDS), Modelos Digitais do Terreno (MDT) e ortomosaicos georreferenciados. Esses produtos são amplamente utilizados em levantamentos topográficos, planejamento urbano, monitoramento ambiental e projetos de infraestrutura (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

Os Modelos Digitais do Terreno, gerados a partir dos dados obtidos por drones, permitem representar digitalmente o relevo da área analisada, possibilitando a realização de análises altimétricas e a identificação de características topográficas relevantes, como declividades, áreas de depressão e divisores de água. Essas informações são fundamentais para projetos de engenharia civil, planejamento de sistemas de drenagem e análise de risco de enchentes (Li, 2004).

Além disso, os ortomosaicos gerados a partir das imagens capturadas pelos drones permitem a criação de mapas de alta resolução que podem ser utilizados como base cartográfica em projetos de planejamento territorial. Esses mapas apresentam elevada precisão geométrica e permitem a identificação detalhada de elementos presentes no território, como edificações, vias, vegetação e infraestrutura urbana (Florenzano, 2007).

Outro aspecto relevante refere-se à rapidez na obtenção e processamento dos dados. Enquanto métodos tradicionais de levantamento topográfico podem exigir vários dias ou semanas de trabalho em campo, os drones permitem realizar a coleta de dados em poucas horas, dependendo da extensão da área estudada. Essa eficiência operacional tem contribuído para a crescente adoção dessa tecnologia em projetos de engenharia, agrimensura e planejamento urbano (Colomina; Molina, 2014).

Dessa forma, o uso de drones associado à fotogrametria digital representa uma importante inovação nas técnicas de levantamento topográfico. A capacidade de capturar imagens aéreas de alta resolução e gerar modelos tridimensionais detalhados da superfície terrestre tem ampliado as possibilidades de aplicação das geotecnologias em diversas áreas, contribuindo para maior precisão na coleta de dados espaciais e para o desenvolvimento de projetos mais eficientes no âmbito do planejamento territorial e da engenharia.

1.3. Aplicações no planejamento urbano

No contexto do planejamento urbano, o uso de drones e técnicas de fotogrametria tem se consolidado como uma ferramenta importante para o mapeamento detalhado de áreas urbanas e para o acompanhamento das transformações territoriais ao longo do tempo. A rápida expansão das cidades e as constantes mudanças no uso e ocupação do solo exigem métodos eficientes de coleta e análise de dados espaciais que permitam compreender a dinâmica urbana e apoiar processos de planejamento territorial mais eficientes (Florenzano, 2007).

A utilização de drones equipados com sensores fotográficos de alta resolução possibilita a captura de imagens aéreas detalhadas, que podem ser processadas por técnicas de fotogrametria digital para gerar produtos cartográficos de grande precisão. Entre esses produtos destacam-se os ortomosaicos georreferenciados, os modelos digitais de superfície e

os modelos tridimensionais das áreas urbanas, que permitem analisar com maior precisão as características do espaço urbano (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

Essas imagens de alta resolução permitem identificar alterações no uso e ocupação do solo, como a expansão de áreas urbanizadas, mudanças na cobertura vegetal e a ocupação de áreas anteriormente não edificadas. A análise dessas informações é fundamental para compreender o processo de crescimento urbano e identificar padrões de ocupação que possam impactar a infraestrutura e o equilíbrio ambiental das cidades (Novo, 2010).

Além disso, o uso de drones permite identificar ocupações irregulares e áreas de expansão urbana desordenada, fenômeno comum em diversas cidades brasileiras. A identificação precoce dessas ocupações possibilita que os órgãos responsáveis pelo planejamento urbano adotem medidas de controle e regularização fundiária, contribuindo para a organização do território e para a redução de conflitos relacionados ao uso da terra (Rolnik, 2015).

Outra aplicação relevante refere-se ao monitoramento de obras de infraestrutura urbana, como construção de vias, sistemas de drenagem, redes de saneamento e empreendimentos habitacionais. A utilização de drones permite acompanhar o andamento das obras por meio da comparação de imagens obtidas em diferentes períodos, possibilitando avaliar o progresso das intervenções e identificar possíveis irregularidades ou atrasos na execução dos projetos (Colomina; Molina, 2014).

Os drones também têm sido utilizados em levantamentos cadastrais urbanos, auxiliando na elaboração de cadastros técnicos municipais e no mapeamento de imóveis. As imagens aéreas de alta resolução permitem identificar limites de lotes, edificações, áreas públicas e infraestrutura urbana, contribuindo para a atualização das bases cartográficas utilizadas pelos municípios no planejamento e na gestão territorial (Burrough; McDonnell, 1998).

Além disso, os dados obtidos por meio da fotogrametria podem ser integrados a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a análise espacial de diferentes informações urbanas, como rede viária, equipamentos públicos, densidade populacional e áreas de risco ambiental. Essa integração permite desenvolver análises mais completas sobre a

organização do espaço urbano e apoiar a tomada de decisões relacionadas ao planejamento das cidades (Câmara et al., 2001).

Outro aspecto importante refere-se à utilização dessas tecnologias na elaboração de mapas urbanos e projetos de engenharia, especialmente em estudos de viabilidade técnica, planejamento de infraestrutura e análise territorial. Os modelos tridimensionais gerados a partir da fotogrametria possibilitam visualizar o espaço urbano de forma mais detalhada, permitindo avaliar impactos de obras e simular intervenções urbanas antes da sua execução (Remondino; El-Hakim, 2006).

Dessa forma, a aplicação de drones e técnicas de fotogrametria no planejamento urbano representa um avanço significativo na forma de coletar, analisar e representar informações espaciais. A utilização dessas tecnologias contribui para melhorar a qualidade das informações utilizadas no planejamento territorial, possibilitando uma gestão urbana mais eficiente, sustentável e baseada em dados geoespaciais precisos.

2. Metodologia

A presente pesquisa apresenta caráter exploratório e abordagem qualitativa, fundamentando-se principalmente em revisão bibliográfica sobre a aplicação de drones e técnicas de fotogrametria digital em levantamentos topográficos e no planejamento urbano. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior compreensão sobre determinado tema, permitindo ampliar o conhecimento existente e identificar novas perspectivas de estudo.

A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar uma análise interpretativa dos conceitos, métodos e aplicações das geotecnologias no contexto da cartografia digital e do levantamento territorial. Segundo Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa qualitativa busca compreender fenômenos a partir da análise de informações teóricas e da interpretação de dados disponíveis na literatura científica, contribuindo para o desenvolvimento de reflexões críticas sobre o tema investigado.

A metodologia utilizada neste estudo baseou-se em levantamento bibliográfico, realizado a partir da consulta a livros, artigos científicos, dissertações, teses e relatórios técnicos relacionados ao uso de drones, fotogrametria digital e geotecnologias aplicadas ao

mapeamento territorial. Conforme destacado por Severino (2016), a pesquisa bibliográfica constitui uma etapa essencial no processo de investigação científica, pois permite identificar, analisar e sistematizar conhecimentos previamente produzidos sobre determinado assunto.

Para a seleção das referências bibliográficas foram priorizadas publicações relevantes nas áreas de geoprocessamento, cartografia digital, agrimensura, engenharia e planejamento urbano, incluindo obras clássicas e estudos mais recentes que abordam a utilização de drones e técnicas de fotogrametria no levantamento topográfico. Essa seleção teve como objetivo reunir diferentes abordagens teóricas e metodológicas relacionadas ao uso dessas tecnologias na coleta e análise de dados geoespaciais.

O processo de análise dos materiais selecionados foi realizado por meio de leitura crítica e interpretação dos conteúdos, buscando identificar as principais aplicações, vantagens e limitações do uso de drones em levantamentos topográficos e no planejamento territorial. Essa etapa permitiu compreender como a integração entre drones, fotogrametria digital e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem contribuído para a modernização dos métodos de coleta e processamento de dados espaciais.

Além disso, foram analisados estudos de caso presentes na literatura científica que demonstram a aplicação prática dessas tecnologias em diferentes contextos urbanos e ambientais. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a análise de estudos existentes permite ampliar a compreensão sobre determinado fenômeno e identificar metodologias que podem ser aplicadas em novos projetos e pesquisas.

Dessa forma, a metodologia adotada possibilitou reunir e sistematizar informações relevantes sobre o uso de drones e fotogrametria digital no levantamento topográfico e no planejamento urbano. A análise das contribuições teóricas presentes na literatura permitiu compreender o potencial dessas tecnologias para a geração de dados espaciais precisos e para o desenvolvimento de aplicações voltadas à gestão territorial e ao planejamento das cidades.

3. Resultados e Discussão

Os estudos analisados demonstram que a utilização de drones em levantamentos topográficos tem proporcionado avanços significativos na forma de coleta e processamento de dados espaciais. Uma das principais vantagens observadas refere-se à redução do tempo

necessário para a coleta de informações em campo, especialmente quando comparada aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, que geralmente exigem medições diretas realizadas por equipamentos como estações totais e receptores GNSS. Enquanto os métodos convencionais podem demandar vários dias de trabalho para cobrir grandes áreas, os drones permitem realizar levantamentos extensos em poucas horas, aumentando a eficiência das atividades de mapeamento territorial (Colomina; Molina, 2014).

Além da agilidade na coleta de dados, a utilização de drones também contribui para a redução de custos operacionais, uma vez que exige menor mobilização de equipes em campo e menor tempo de execução das atividades de levantamento. Essa eficiência operacional tem favorecido a adoção dessa tecnologia em projetos de engenharia, agrimensura, planejamento urbano e monitoramento ambiental (Eisenbeiss, 2009).

Outro aspecto relevante identificado na literatura refere-se à qualidade e ao nível de detalhamento das informações obtidas por meio da fotogrametria digital. As imagens capturadas pelos drones apresentam elevada resolução espacial, permitindo identificar com precisão elementos presentes na superfície terrestre, como edificações, vias, áreas verdes e infraestrutura urbana. Esse alto nível de detalhamento contribui para a geração de produtos cartográficos mais precisos e atualizados, fundamentais para o planejamento territorial e a gestão urbana (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

O processamento das imagens obtidas pelos drones por meio de softwares de fotogrametria digital possibilita a geração de diferentes produtos cartográficos, amplamente utilizados em estudos geoespaciais. Entre esses produtos destacam-se os ortomosaicos, que consistem em imagens aéreas corrigidas geometricamente e unificadas em uma única representação cartográfica da área analisada. Esses ortomosaicos apresentam elevada precisão e podem ser utilizados como base cartográfica em diversos tipos de projetos urbanos e ambientais (Florenzano, 2007).

Outro produto importante gerado a partir do processamento fotogramétrico são os Modelos Digitais do Terreno (MDT) e os Modelos Digitais de Superfície (MDS). Esses modelos representam digitalmente o relevo e os elementos presentes na superfície terrestre, possibilitando análises detalhadas sobre características topográficas da área estudada. A partir desses modelos é possível calcular declividades, identificar áreas de depressão, analisar

padrões de drenagem e apoiar projetos relacionados à infraestrutura urbana e ao planejamento ambiental (Li, 2004).

Além disso, a fotogrametria digital permite gerar modelos tridimensionais (3D) da área estudada, que possibilitam visualizar o espaço urbano de forma mais detalhada. Esses modelos têm sido amplamente utilizados em projetos de engenharia, planejamento urbano, monitoramento de obras e simulação de intervenções no território. A representação tridimensional do espaço permite compreender melhor a relação entre os diferentes elementos presentes na paisagem urbana e avaliar possíveis impactos de novas construções ou alterações no uso do solo (Remondino; El-Hakim, 2006).

Outro ponto importante refere-se à integração dos produtos gerados pela fotogrametria com Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Essa integração possibilita realizar análises espaciais mais complexas, permitindo cruzar diferentes tipos de dados geográficos, como informações sobre infraestrutura urbana, uso do solo, densidade populacional e áreas de risco ambiental. Dessa forma, os dados obtidos por meio de drones podem ser utilizados como base para estudos mais amplos de planejamento territorial e gestão urbana (Câmara et al., 2001).

Dessa maneira, os resultados observados na literatura indicam que a utilização de drones e técnicas de fotogrametria digital representa uma inovação importante nas atividades de levantamento topográfico. A combinação entre rapidez na coleta de dados, alto nível de detalhamento das informações e possibilidade de integração com outras geotecnologias torna essa ferramenta cada vez mais relevante para o desenvolvimento de projetos de engenharia, planejamento urbano e gestão territorial.

Conclusão

A aplicação de drones e técnicas de fotogrametria digital representa um avanço significativo nos métodos contemporâneos de levantamento topográfico e mapeamento territorial. O desenvolvimento dessas tecnologias tem proporcionado novas possibilidades para a coleta e análise de dados geoespaciais, permitindo obter informações mais detalhadas, precisas e atualizadas sobre a superfície terrestre. Nesse contexto, a utilização de veículos aéreos não tripulados associados a softwares de processamento fotogramétrico tem

contribuído para modernizar as práticas de levantamento utilizadas em projetos de engenharia, cartografia e planejamento urbano (Colomina; Molina, 2014).

Uma das principais vantagens dessas tecnologias está relacionada à rapidez na aquisição de dados espaciais. A capacidade dos drones de capturar imagens aéreas de alta resolução em curto período de tempo permite realizar levantamentos topográficos em áreas extensas com maior eficiência operacional quando comparado aos métodos tradicionais de coleta de dados em campo. Essa agilidade contribui para otimizar o desenvolvimento de projetos técnicos, reduzindo o tempo necessário para a execução das etapas de levantamento e processamento das informações (Eisenbeiss, 2009).

Além da rapidez na coleta de dados, a fotogrametria digital possibilita a geração de produtos cartográficos de alta precisão, como ortomosaicos georreferenciados, modelos digitais do terreno e modelos tridimensionais da área estudada. Esses produtos permitem representar o território com elevado nível de detalhamento, fornecendo informações importantes para o desenvolvimento de projetos de engenharia, análise territorial e planejamento urbano (Wolf; Dewitt; Wilkinson, 2014).

Outro aspecto relevante refere-se à possibilidade de integração dos dados obtidos por drones com outras geotecnologias, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e modelos digitais de terreno. Essa integração permite realizar análises espaciais mais complexas e apoiar processos de tomada de decisão relacionados ao planejamento urbano, monitoramento ambiental e gestão territorial (Câmara et al., 2001).

No contexto do planejamento urbano, a utilização dessas tecnologias contribui para a elaboração de mapas mais precisos e atualizados, que podem ser utilizados na análise do uso e ocupação do solo, no monitoramento de obras de infraestrutura e no acompanhamento do crescimento das cidades. A disponibilidade de dados geoespaciais detalhados facilita o desenvolvimento de políticas públicas mais eficientes e fundamentadas em informações técnicas confiáveis (Florenzano, 2007).

Dessa forma, conclui-se que o uso de drones e fotogrametria digital representa uma importante inovação nas técnicas de levantamento topográfico e mapeamento territorial. A combinação entre rapidez na coleta de dados, precisão das informações e capacidade de

integração com outras ferramentas de geoprocessamento torna essas tecnologias fundamentais para o desenvolvimento de projetos de engenharia e para o aprimoramento das práticas de planejamento urbano.

Portanto, o avanço e a disseminação dessas tecnologias tendem a ampliar ainda mais suas aplicações em diferentes áreas do conhecimento, contribuindo para a produção de informações geoespaciais cada vez mais precisas e para o desenvolvimento de soluções mais eficientes para os desafios relacionados à gestão do território e ao planejamento das cidades.

Referências

BURROUGH, Peter A.; MCDONNELL, Rachael A. **Princípios dos sistemas de informação geográfica**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. Sistemas aéreos não tripulados para fotogrametria e sensoriamento remoto: uma revisão. **Revista ISPRS de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto**, v. 92, p. 79-97, 2014.

EISENBEISS, Henri. **Fotogrametria com veículos aéreos não tripulados**. Zurique: Instituto de Geodésia e Fotogrametria – ETH Zurich, 2009.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LI, Zhilin. **Modelagem digital do terreno: princípios e metodologia**. Boca Raton: CRC Press, 2004.

LILLESAND, Thomas M.; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan W. **Sensoriamento remoto e interpretação de imagens**. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

REMONDINO, Fabio; EL-HAKIM, Sabry. Modelagem tridimensional baseada em imagens: uma revisão. **Registro Fotogramétrico**, v. 21, n. 115, p. 269-291, 2006.

WOLF, Paul R.; DEWITT, Bon A.; WILKINSON, Benjamin E. **Elementos de fotogrametria com aplicações em sistemas de informação geográfica**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2014.