
ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO USO DE DRONE EM LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS NA ENGENHARIA CIVIL NA CIDADE DE BIGUAÇU-SC.

CHIMINELLI, Pamela ¹
PREUSS, Max Bezerra ²
FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti³

RESUMO

A engenharia civil é uma área que exige precisão e inovação constante, e o uso de drones como ferramenta de levantamento topográfico tem revolucionado a forma como os dados são levantados. Eles são aeronaves não tripuladas controladas remotamente, equipadas com câmeras e sensores capazes de capturar informações detalhadas do terreno. O levantamento topográfico envolve a utilização de técnicas e equipamentos específicos para a coleta de dados precisos e detalhados sobre o terreno. Essas técnicas e equipamentos permitem a medição de distâncias, ângulos e elevações, fornecendo as informações necessárias para a representação fiel do relevo em um determinado local. Nesse viés, o objetivo deste estudo de caso é analisar o uso de RPA (Aeronave Remotamente Pilotada), em levantamento topográfico para projetos de engenharia civil, comparando com as técnicas convencionais. Para isso, foram realizadas operações em campo para coletar e processar dados do terreno, além de revisão bibliográfica. Com os resultados obtidos, foi possível analisar as vantagens e desafios do uso de drones, incluindo os aspectos regulatórios. Este estudo contribui para a compreensão da importância da inovação tecnológica em projetos de Engenharia Civil e destaca os benefícios dos drones, como precisão, agilidade, custo e segurança no trabalho.

Palavras-chave: Drone; Engenharia Civil; Levantamentos topográficos; Inovação.

1 INTRODUÇÃO

O levantamento topográfico é uma etapa fundamental em projetos de Engenharia Civil, pois envolve a coleta de dados precisos sobre o terreno e sua configuração, permitindo uma análise detalhada e a elaboração de projetos adequados. Trata-se de um processo que engloba conceitos e definições específicas, técnicas e equipamentos especializados.

No que diz respeito aos conceitos e definições, de acordo com Almeida e Lopes (2015, p. 11-15), o levantamento topográfico "refere-se à atividade de medição e representação de pontos de interesse em uma determinada área" por meio de coordenadas geográficas, altitudes, curvas de nível, entre outros elementos, a fim de criar uma representação precisa do terreno.

Quanto às técnicas e equipamentos utilizados, existem diversas opções disponíveis. Tradicionalmente, utilizados instrumentos como teodolitos, estação total e níveis de precisão. No entanto, com o avanço da tecnologia, surgiram novas ferramentas, como os drones.

A engenharia civil é uma área que exige precisão e inovação constante, e o uso de drones como ferramenta de levantamento topográfico tem revolucionado a forma como os projetos são

¹Pamela Chiminelli Graduada do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, eng.pamelachiminelli@gmail.com; ²Max Bezerra Preuss Graduada do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, engmaxpreuss@gmail.com; ³Professor orientador: Msc. Michela Steluti Poleti, Centro Universitário UNISOCIESC.

realizados (VIEIRA & DA SILVA BUENO, 2019). Assim, os drones têm desempenhado um papel cada vez mais relevante. Eles são aeronaves não tripuladas controladas remotamente, equipadas com câmeras e sensores capazes de capturar informações detalhadas do terreno.

O uso de drones na engenharia civil traz benefícios significativos. Primeiramente, há uma redução de custos, uma vez que os drones agilizam o processo de coleta de dados e dispensam a necessidade de equipes de campo extensas. Além disso, a precisão e a agilidade na coleta de dados são maximizadas, permitindo um mapeamento mais detalhado do terreno em um curto período de tempo. Os drones também contribuem para a segurança no trabalho, pois podem ser utilizados em áreas de difícil acesso ou em situações de risco, evitando que os profissionais se exponham a condições perigosas.

O artigo aborda o uso de drones em levantamento topográfico para projetos de Engenharia Civil. O texto está dividido em três capítulos, onde o primeiro apresenta conceitos, definições, técnicas e equipamentos utilizados. O segundo capítulo descreve os drones, tipos e características, além da importância dessa tecnologia para a redução de custos, maior precisão e segurança no trabalho. O terceiro capítulo destaca os desafios e a limitação do uso de drones em levantamento topográfico, incluindo regulamentação e legislação, treinamento e capacitação, tempo de voo e autonomia. O estudo analisa o uso de drones em levantamento topográfico e compara com as técnicas convencionais.

O objetivo deste estudo de caso é analisar o uso de RPA (Aeronave Remotamente Pilotada), popularmente conhecido como drone, em levantamento topográfico para projetos de engenharia civil, comparando com as técnicas convencionais.

Este estudo contribui para a compreensão da importância da inovação tecnológica em projetos de Engenharia Civil e destaca os benefícios dos drones, como maior precisão e agilidade, redução de custos e segurança no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente tópico tratará do referencial teórico selecionado para abordar a temática em questão, sendo relacionado com os conceitos e definições de levantamento topográfico, com as técnicas e equipamentos utilizados, além de trazer a importância do levantamento topográfico em projetos de engenharia civil com uso de drones para atingir desde a redução de custos, maior precisão e agilidade na coleta de dados e mais segurança no trabalho. O texto trata, ainda, dos desafios e limitação do uso de drones em levantamento topográfico, entre outros fatores ligados à legislação vigente.

2.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O levantamento topográfico é uma atividade fundamental no campo da engenharia e da cartografia, sendo utilizado para obter informações precisas sobre a forma, a localização e a elevação de terrenos e objetos presentes na superfície da Terra. Ele é realizado por meio de técnicas e instrumentos específicos, visando à representação fiel e detalhada do relevo de uma determinada área (BERNARDO et al., 2021).

Nesse contexto, segundo Coelho, Rolim-Neto & Andrade (2014), alguns conceitos e definições são essenciais para compreender o levantamento topográfico:

- a) Topografia: É a ciência que estuda os métodos e técnicas de medição e representação da superfície terrestre, abrangendo a determinação de distâncias, ângulos, coordenadas e elevações.
- b) Levantamento topográfico: Consiste na coleta de dados sobre o terreno por meio de medições precisas, utilizando instrumentos como estações totais, teodolitos, níveis e receptores GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite). O objetivo é criar um modelo representativo e detalhado da área em estudo.
- c) Pontos de controle: São pontos fixos e bem definidos no terreno, utilizados como referência para as medições topográficas. Podem ser estabelecidos através de marcos geodésicos, estacas ou outros elementos que permitam uma fácil localização e identificação.
- d) Estação total: É um equipamento utilizado para realizar medições angulares e lineares simultaneamente. Além de medir ângulos horizontais e verticais, a estação total possui um distanciômetro eletrônico que permite determinar as distâncias entre os pontos de medição.
- e) Teodolito: É um instrumento ótico-mecânico utilizado para medir ângulos horizontais e verticais com alta precisão. É composto por um telescópio e uma escala graduada que permitem a leitura angular.
- f) Nível: É um instrumento utilizado para determinar diferenças de altura entre pontos. É baseado no princípio de que uma linha de visada horizontal indica um plano de nível constante.
- g) Receptores GNSS: São dispositivos que recebem sinais de satélites de navegação, como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), permitindo a determinação precisa das coordenadas geográficas de um ponto no terreno.

Nesse viés, analisa-se que o levantamento topográfico é utilizado em diversos setores, como engenharia civil, arquitetura, agrimensura, planejamento urbano, geologia, entre outros. Suas aplicações incluem a elaboração de plantas topográficas, projetos de infraestrutura, análise de terrenos, monitoramento de áreas geológicas, entre outros (JUNIOR et al., 2019).

Em resumo, o levantamento topográfico é uma atividade de coleta de dados que visa obter informações precisas e detalhadas sobre o relevo de uma área. Utilizando técnicas e instrumentos apropriados, é possível representar com exatidão a forma e a elevação do terreno, sendo essencial para o desenvolvimento de projetos e estudos relacionados ao ambiente físico.

2.2 TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O levantamento topográfico envolve a utilização de técnicas e equipamentos específicos para a coleta de dados precisos e detalhados sobre o terreno. Essas técnicas e equipamentos permitem a medição de distâncias, ângulos e elevações, fornecendo as informações necessárias para a representação fiel do relevo em um determinado local (VIEIRA & DA SILVA BUENO, 2019).

É importante, então, citar algumas das principais técnicas e equipamentos utilizados no levantamento topográfico, como as Estações Totais, que são equipamentos versáteis e amplamente utilizados no levantamento topográfico (COELHO, ROLIM-NETO & ANDRADE, 2014).

Segundo os referidos autores, elas integram um teodolito (instrumento para medir ângulos horizontais e verticais) – conforme a figura a seguir – com um distanciômetro eletrônico, permitindo a realização de medições angulares e lineares simultaneamente. As estações totais modernas também possuem recursos como compensador automático de inclinação e capacidade de armazenamento de dados chamados teodolitos, conforme a figura 1:

Figura 1 – Exemplos de teodolitos



Fonte: Coelho, Rolim-Neto & Andrade (2014, p. 22).

Além dos teodolitos ilustrados acima, pode-se enfatizar, também, os Receptores GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), que se usados para obter coordenadas geográficas precisas dos pontos de interesse no levantamento topográfico. Esses receptores recebem sinais de satélites de navegação, como o GPS (Sistema de Posicionamento Global), e calculam a posição com base no tempo de viagem dos sinais. Com a utilização de técnicas de processamento de dados, é possível obter uma posição tridimensional precisa (COELHO, ROLIM-NETO & ANDRADE, 2014).

Além disso, há os Níveis, que perfazem instrumentos utilizados para medir diferenças de altura entre pontos. Os níveis óticos são comumente utilizados no levantamento topográfico, consistindo em um telescópio e uma régua graduada. Com base na linha de visada horizontal, é possível determinar a altura relativa entre dois pontos. Níveis digitais a laser também são utilizados, fornecendo medições precisas e rápidas (ZIMMERMANN, 2020).

No que se relaciona aos Teodolitos, estes são instrumentos utilizados para medir ângulos horizontais e verticais com alta precisão. Eles consistem em um telescópio montado em um suporte giratório, permitindo a medição precisa de ângulos em diferentes direções. Os teodolitos eletrônicos modernos podem ser conectados a outros equipamentos, como estações totais, para obter medições mais eficientes e precisas (COELHO, ROLIM-NETO & ANDRADE, 2014; ZIMMERMANN, 2020).

Nesse sentido, Coelho, Rolim-Neto e Andrade (2014) citam, ainda, os Softwares de processamento de dados, que desempenham um papel fundamental no levantamento topográfico. Esses softwares permitem a análise e interpretação dos dados coletados, a criação de modelos digitais de terreno, a geração de curvas de nível e a elaboração de mapas topográficos. Eles também facilitam a integração dos dados coletados com outras informações geoespaciais.

Essas são apenas algumas das técnicas e equipamentos utilizados no levantamento topográfico. A escolha dos equipamentos e técnicas adequados depende do tipo de projeto, da precisão requerida e das características específicas do terreno a ser levantado. É importante contar com profissionais qualificados e experientes para realizar o levantamento topográfico de forma precisa e confiável.

2.3 A IMPORTÂNCIA DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO EM PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL

O levantamento topográfico desempenha um papel fundamental em projetos de engenharia civil, sendo uma etapa essencial na fase de planejamento e execução de obras. Ele fornece informações precisas e detalhadas sobre o terreno, permitindo uma análise completa das

características topográficas do local e servindo como base para o desenvolvimento de projetos e tomada de decisões adequadas (ZIMMERMANN, 2020).

Nessa seara de pensamentos, faz-se relevante apresentar algumas das principais razões que destacam a importância do levantamento topográfico em projetos de engenharia civil. Um dos fatores é o conhecimento do terreno, de modo que o levantamento topográfico permite o conhecimento detalhado do terreno em que a obra será realizada.

Ele fornece informações sobre a topografia, tais como curvas de nível, declividades, acidentes geográficos, cursos d'água, entre outros elementos relevantes. Esses dados são fundamentais para a compreensão das características físicas e geométricas do local, possibilitando uma análise precisa e uma melhor tomada de decisões em relação ao projeto (ZIMMERMANN, 2020; PAMBOUKIAN, 2019).

Para Santos (2021), outra ação é o planejamento adequado, diante do fato de que, com base nas informações obtidas por meio do levantamento topográfico, os engenheiros podem realizar um planejamento adequado da obra. Os dados coletados auxiliam na definição de locais para implantação de estruturas, como edifícios, estradas, pontes e redes de infraestrutura, levando em consideração as características do terreno. Isso contribui para uma distribuição eficiente e segura das estruturas no ambiente.

Além disso, no que cabe ao cálculo de volumes, o levantamento topográfico permite o cálculo preciso dos volumes de terra a serem movimentados em obras de terraplanagem. Essa informação é essencial para o dimensionamento de equipamentos e estimativa de custos, evitando desperdícios ou escassez de material necessário para a execução da obra (JUNIOR et al., 2019).

Ressalta-se, também, a análise de viabilidade, visto que o levantamento topográfico é fundamental na avaliação da viabilidade de um projeto. Com base nas informações coletadas, é possível identificar eventuais restrições topográficas, como declives acentuados, áreas alagadiças, presença de rochas ou solos instáveis. De acordo com Junior et al. (2019), esses elementos podem influenciar na seleção de alternativas de projeto e no desenvolvimento de estratégias para minimizar riscos e impactos ambientais.

O levantamento topográfico contribui, inclusive, para a segurança da obra, fornecendo informações sobre a estabilidade do terreno, interferências subterrâneas, como tubulações e cabos, e análise de riscos geotécnicos. Esses dados são essenciais para o desenvolvimento de soluções adequadas e para a implementação de medidas preventivas, garantindo a integridade da estrutura e a segurança dos trabalhadores e usuários (PAMBOUKIAN, 2019).

Algo que não se pode esquecer é do controle de qualidade; pois, durante a execução da obra, o levantamento topográfico é utilizado para o controle de qualidade, permitindo comparar as medidas realizadas no terreno com as especificações do projeto. Isso auxilia na detecção de eventuais desvios e ajustes necessários, garantindo que a obra seja realizada de acordo com as normas e requisitos estabelecidos (ZIMMERMANN, 2020).

Em resumo, o levantamento topográfico desempenha um papel crucial nos projetos de engenharia civil, fornecendo informações fundamentais para o planejamento, dimensionamento e execução das obras. Ele contribui para a precisão, segurança, viabilidade e qualidade das estruturas, garantindo uma melhor integração da obra com o ambiente e otimizando os resultados finais. Portanto, é indispensável contar com profissionais qualificados e equipamentos adequados para a realização desse levantamento de forma precisa e confiável.

2.4 USO DE DRONES NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O uso de drones na construção civil tem se tornado uma prática cada vez mais comum e promissora. Esses dispositivos aéreos, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) ou Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), são equipamentos controlados remotamente que podem ser utilizados para capturar imagens, vídeos e dados a partir de uma perspectiva aérea. Segundo Vargas (2021), além da engenharia civil, os drones também são amplamente usados em proteção de florestas, busca e salvamento, na agricultura de precisão, entre outros.

Cabe salientar que os drones utilizados na construção civil são equipados com câmeras de alta resolução, sensores, GPS e outros dispositivos, permitindo a coleta de informações precisas e detalhadas sobre o local de construção. Eles são capazes de sobrevoar áreas de difícil acesso ou perigosas, proporcionando uma visão abrangente e detalhada do terreno e das estruturas existentes (SANTOS, 2021).

Um dos principais benefícios do uso de drones na construção civil é a coleta de dados de forma mais rápida e eficiente. Com a capacidade de voar em diferentes altitudes e velocidades, os drones permitem a obtenção de informações em tempo real, agilizando o processo de levantamento topográfico e reduzindo o tempo necessário para a coleta de dados em comparação com métodos tradicionais.

Além disso, consoante Vieira & Da Silva Bueno (2019), os drones podem ser utilizados para inspeção e monitoramento de obras em andamento, permitindo uma visão em tempo real do progresso da construção, identificando possíveis problemas ou desvios em relação ao projeto

original. Isso possibilita uma tomada de decisão mais rápida e eficiente, contribuindo para a redução de custos e a melhoria da qualidade das obras.

Outra aplicação importante dos drones na construção civil é a geração de modelos tridimensionais do terreno e das estruturas. Por meio de técnicas como fotogrametria e sensoriamento remoto, os drones capturam uma série de imagens e dados que podem ser processados para criar modelos digitais de alta precisão. Esses modelos auxiliam no planejamento do projeto, na detecção de interferências e na visualização do resultado final da obra (BERNARDO et al., 2021).

É importante ressaltar que o uso de drones na construção civil requer a adoção de práticas seguras e regulamentadas. A legislação específica para operação de drones deve ser seguida, incluindo a obtenção de autorizações e certificações necessárias. Além disso, é fundamental contar com profissionais qualificados e treinados para operar os drones e interpretar corretamente os dados coletados (JUNIOR et al., 2019).

Em suma, o uso de drones na construção civil tem se mostrado uma tecnologia promissora, proporcionando vantagens como coleta de dados mais rápida e eficiente, inspeção e monitoramento de obras em tempo real, geração de modelos tridimensionais e melhoria da tomada de decisão. Com as regulamentações e capacitação adequada dos profissionais, os drones têm o potencial de revolucionar o setor da construção civil, tornando-o mais eficiente, seguro e preciso.

2.5 TIPOS DE DRONES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Existem diferentes tipos de drones que podem ser utilizados em diversas aplicações na construção civil. Cada tipo de drone possui características específicas que determinam suas capacidades e funcionalidades. A seguir, serão apresentados alguns dos principais tipos de drones utilizados na construção civil e suas características distintivas.

Primeiramente, temos os Multirrotores, que são drones com várias hélices dispostas em formato de X, H ou octocóptero. Esses drones são conhecidos pela sua capacidade de decolagem e pouso vertical, além de sua alta agilidade e capacidade de manobra. Os multirrotores são frequentemente utilizados para captura de imagens e vídeos em áreas de difícil acesso, inspeções visuais e mapeamento aéreo (BERNARDO et al., 2021).

Há, também, de acordo com os autores supracitados, os drones de asas fixas são projetados com uma única asa semelhante à de um avião convencional. Eles são capazes de voar em maiores distâncias e altitudes em comparação com os multirrotores, permitindo cobrir áreas

maiores em um único voo. Os drones de asas fixas são frequentemente utilizados para mapeamento topográfico, monitoramento de grandes áreas e inspeção de infraestruturas lineares, como dutos e linhas de transmissão.

Outro modelo são os drones híbridos combinam características dos multirrotores e dos drones de asas fixas. Esses drones possuem a capacidade de decolagem e pouso vertical dos multirrotores, mas também podem realizar voos de longa distância em modo de asa fixa. Os drones híbridos são ideais para aplicações que requerem uma combinação de velocidade, alcance e agilidade, como mapeamento de grandes áreas e inspeções de infraestruturas lineares (VIEIRA & DA SILVA BUENO, 2019).

Importa falar, ainda, dos sensores especializados, além dos diferentes tipos de drones, é possível equipá-los com uma variedade de sensores especializados para atender às necessidades específicas da construção civil. Esses sensores podem incluir câmeras de alta resolução, termográficas, LIDAR (Light Detection and Ranging), sensores de gases e outros dispositivos de medição (SANTOS, 2021). Esses drones com sensores especializados permitem a coleta de dados mais detalhados e precisos para aplicações como inspeção de infraestruturas, detecção de falhas e monitoramento ambiental.

É importante ressaltar que, independentemente do tipo de drone utilizado, é necessário considerar a autonomia de voo, a capacidade de carga útil, a duração da bateria e a estabilidade do voo como características essenciais a serem avaliadas. Além disso, é fundamental seguir as regulamentações locais para operar drones e obter as autorizações necessárias.

Em resumo, os diferentes tipos de drones utilizados na construção civil, como multirrotores, asas fixas, híbridos e drones com sensores especializados, possuem características distintas que os tornam adequados para diferentes aplicações. A escolha do tipo de drone depende das necessidades específicas do projeto e das capacidades requeridas, levando em consideração fatores como alcance, autonomia, capacidade de carga e estabilidade do voo.

2.6 OS DRONES NA ENGENHARIA CIVIL: REDUÇÃO DE CUSTOS, MAIOR PRECISÃO/AGILIDADE NA COLETA DE DADOS E SEGURANÇA NO TRABALHO

Os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS), têm se tornado uma ferramenta cada vez mais utilizada na indústria da engenharia civil. Esses dispositivos oferecem uma série de benefícios, como redução de custos, maior precisão e agilidade na coleta de dados, bem como melhorias significativas em termos de segurança no trabalho. Neste referencial teórico, discutiremos esses três aspectos-chave (PAMBOUKIAN, 2019).

Para Santos (2021), no que concerne à redução de custos, o uso de drones na engenharia civil tem se mostrado uma alternativa viável e econômica para diversas tarefas. Em comparação com métodos tradicionais, como levantamentos topográficos terrestres ou inspeções manuais, os drones oferecem uma maneira mais eficiente de coletar dados geoespaciais.

Isso resulta em uma redução significativa nos custos associados à contratação de mão de obra especializada e à utilização de equipamentos caros. Além disso, os drones podem ser rapidamente implantados e operados com facilidade, o que otimiza o tempo e os recursos disponíveis.

Sobre a questão de imprimir uma maior precisão e agilidade na coleta de dados, os drones são capazes de capturar dados precisos e detalhados de uma forma que não era possível anteriormente. Equipados com câmeras de alta resolução, sensores avançados e tecnologias de mapeamento 3D, eles podem realizar levantamentos topográficos, monitorar o progresso da construção e coletar informações geoespaciais com grande precisão (JUNIOR et al., 2019).

Conforme os autores supracitados, esses dados podem ser processados e transformados em modelos digitais, mapas de calor, nuvens de pontos e outros formatos relevantes para a engenharia civil. Além disso, a capacidade dos drones de voar em locais de difícil acesso ou perigosos, como terrenos acidentados ou estruturas elevadas, proporciona uma coleta de dados mais completa e abrangente.

Em face a uma maior segurança no trabalho, pode-se dizer que esta é uma preocupação fundamental na indústria da engenharia civil. Os drones desempenham um papel crucial ao melhorar a segurança dos trabalhadores e minimizar os riscos associados a certas tarefas. Por exemplo, inspeções de infraestruturas, como pontes, viadutos e edifícios altos, geralmente envolvem trabalhos em altura e podem ser perigosas (BERNARDO et al., 2021).

Com a utilização de drones, é possível realizar essas inspeções de forma remota, eliminando ou reduzindo a necessidade de que os trabalhadores se exponham a riscos desnecessários. Além disso, os drones podem ser utilizados para monitorar locais de construção, identificar potenciais problemas de segurança, avaliar riscos ambientais e fornecer uma visão geral do local em tempo real (ALVES, 2020).

Em resumo, os drones estão auxiliando a indústria da engenharia civil, trazendo benefícios significativos em termos de redução de custos, maior precisão e agilidade na coleta de dados, bem como melhorias em segurança no trabalho. Essas tecnologias inovadoras têm o potencial de otimizar processos, aumentar a eficiência e melhorar a tomada de decisões na engenharia civil, abrindo caminho para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis, seguros e precisos.

3 METODOLOGIA

Neste próximo tópico, iremos apresentar a utilização do drone no levantamento topográfico, com experiências práticas e na obtenção de dados através de imagens captadas. Com isso, será possível analisar como o uso da nova tecnologia pode facilitar nos trabalhos em campo e também quais as dificuldades podem ser encontradas neste método.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

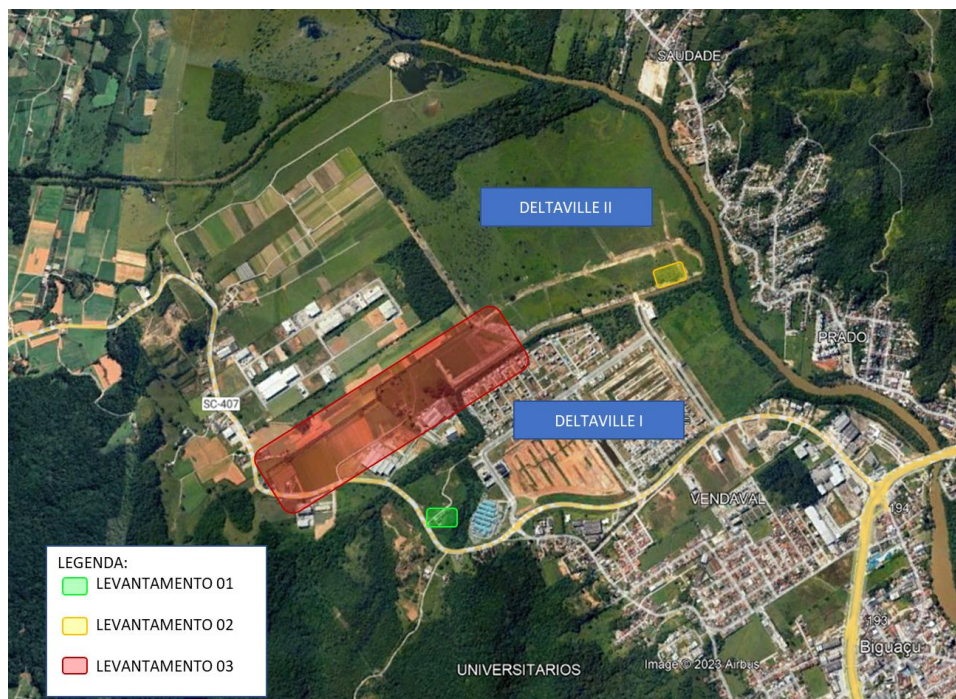
Tendo como foco principal deste artigo a análise da aplicação de Sistema de Aeronave Pilotada Remotamente (RPAS), também conhecidos como drones, em levantamentos topográficos, além de pesquisas através da literatura, foi feito um estudo de caso, com a análise de operações em campo e processamento dos materiais obtidos para geração de dados específicos.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

Todo a parte prática do estudo de caso foi realizada no local conhecido como Cidade Deltaville, um empreendimento do Grupo Ábaco Brasil, uma urbanizadora que há 45 anos é especialista na criação de condomínios e bairros planejados. O empreendimento fica localizado nas margens da SC-407, no município de Biguaçu-SC. A Cidade Deltaville fica dividida entre dois grandes bairros: o Deltaville Gardens (também conhecido como Deltaville I), um bairro já consolidado na região, com um total de 5 condomínios residenciais entregues; e o Deltaville Marine Business (também conhecido como Deltaville II), um novo bairro composto por uma área industrial e uma área residencial, que tem sua entrega prevista para os próximos anos.

Dentro da Cidade Deltaville, os levantamentos foram realizados em 3 locais diferentes, conforme indicados na figura 2.

Figura 2 – Localização dos levantamentos realizados.

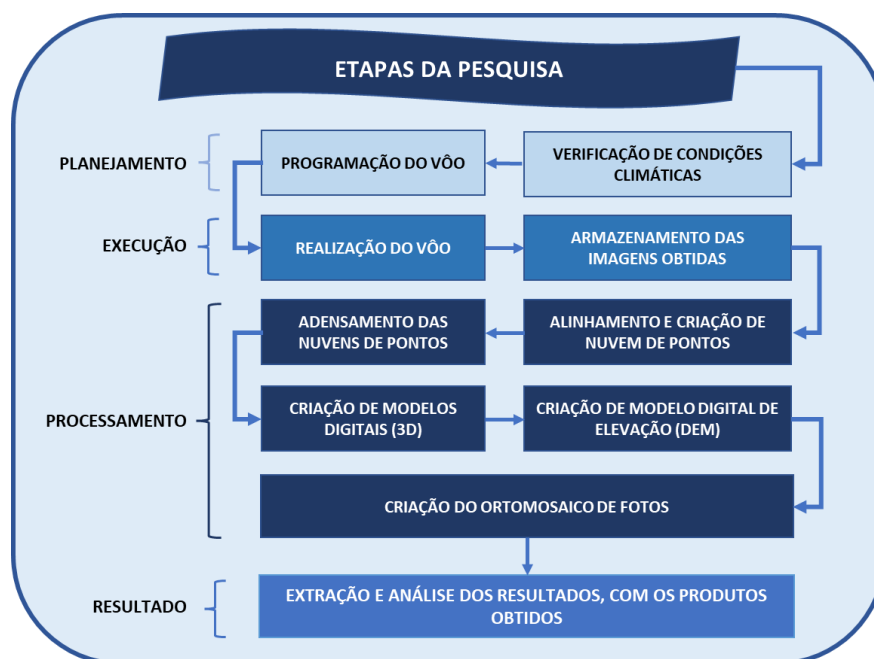


Fonte: Adaptado do Google Earth (2023).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Para facilitar o entendimento, criamos um fluxograma para resumir as etapas da pesquisa, que consiste no levantamento das imagens e do seu processamento, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas realizadas em campo.



Fonte: Os autores (2023).

3.3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

Para obtenção de melhores resultados, conforme dito anteriormente, foi separada a operação de campo em três ocasiões: primeiramente foram coletados dados para a obtenção de valores de distância, perímetro e áreas de objetos cuja as medidas eram conhecidas. Em segundo momento foram coletados os dados para se determinar o volume de um material específico, com objetivo de comparar com os valores obtidos através do método tradicional. E em terceira ocasião foi feito o levantamento de uma grande área para demonstrar uma real aplicação na área da construção civil e suas principais vantagens.

3.3.2 PLANEJAMENTO DO VOO

Antes de ser realizado o voo com o drone, foi necessário realizar o planejamento da área que será sobrevoada e também seguir um procedimento de análise de informações importantes para que não ocorresse nenhum imprevisto ou problema durante a operação.

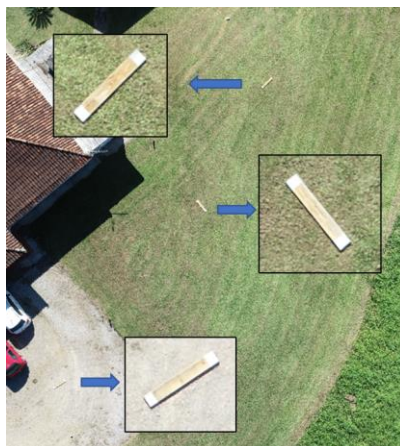
O primeiro passo foi delimitar as áreas em que o drone iria sobrevoar, utilizando o aplicativo móvel DroneDeploy. Neste aplicativo foi possível definir parâmetros importantes para a execução do voo de forma semiautomática, como a altura em relação ao solo, a proporção de sobreposição das imagens, o ângulo das imagens (2D ou 3D), entre outras. O software também informa definições importantes a serem levadas em consideração antes de realizar os voos, como a quantidade de imagens que serão realizadas, o tempo previsto da operação completa e a quantidade de baterias que será utilizada, de acordo com o modelo de drone informado.

Além disso, também foi necessário escolher os melhores dias e horários para realização de cada voo, levando em conta principalmente as condições climáticas daquele período - priorizando dias sem chuva, poucas nuvens e com ventos de baixa velocidade.

3.3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA MEDIDAS PLANAS

Com o objetivo inicial de verificar a precisão do levantamento de medidas em duas dimensões, selecionamos 3 peças de madeiras com 1 metro de comprimento e 15 centímetros de largura. Realizamos a pintura das pontas na cor branca, para facilitar na visualização das imagens geradas posteriormente com o drone, e distribuímos aleatoriamente na área do Levantamento 01, indicada anteriormente conforme a Figura 4:

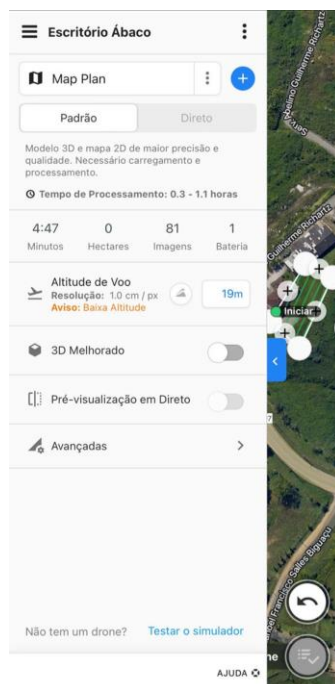
Figura 4 – Peças de madeira distribuídas para levantamento 01.



Fonte: Os autores (2023).

Após realizar o planejamento de voo descrito no capítulo anterior, utilizamos o aplicativo DroneDeploy para iniciar o procedimento de coleta de imagens, que posteriormente serão processadas, para obtenção dos dados de interesse. Foi definido uma sobreposição de imagens de 80% tanto na frontal quanto na lateral e também que o drone voe a 19 metros de altura em relação ao ponto de decolagem, para captação de imagens (Figura 5).

Figura 5 – Planejamento de voo no DroneDeploy



Fonte: Os autores (2023).

Neste levantamento foi sobrevoada uma área de aproximadamente 1588m², onde foram registradas 81 imagens em um tempo total aproximado de 4 minutos e 47 segundos.

3.3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS DE VOLUME

Nesta operação, o objetivo foi calcular o volume de areia de uma extração feita com uma draga, que capta o material do fundo do rio e bombeia para local desejado. A areia estava separada e estocada no local indicado anteriormente, que fica ao lado do Córrego Cachoeira, onde divide os bairros Deltaville I e o futuro bairro Deltaville II.

Os parâmetros utilizados neste levantamento foram de um voo com 29 metros de altura em relação ao ponto de decolagem, sobreposição frontal de 80% e lateral de 75%. Como o objetivo deste levantamento é estimar o volume, então foi selecionada a opção de aprimoramento 3D, onde além de realizar a coleta de imagens de forma perpendicular ao solo (90°) também são feitas imagens de diversos ângulos diferentes (entre 30° a 45°), para melhorar a qualidade dos dados levantados.

O levantamento levou cerca de 8 minutos e 46 segundos para ser executado e sobrevoo uma área de aproximadamente 18.038m². Nesta ocasião foram coletadas 132 imagens.

3.3.5 APLICAÇÃO REAL DO LEVANTAMENTO

Por fim, realizamos um levantamento de uma grande área, para verificar algumas possíveis aplicações dos dados obtidos, utilizando apenas o drone como ferramenta de coleta. Para isso, sobrevoamos a área compreendida de Deltaville Business, uma separação industrial dentro do Deltaville II, onde as obras de infraestrutura foram iniciadas e estão em andamento.

Este levantamento foi realizado encima de uma área de cerca de 258.855m², aproximadamente 26 hectares (ha), e sua operação necessitou de um tempo de voo de apenas 10 minutos e 58 segundos para ser executada. O drone sobrevoou a uma altura de 119 metros em relação ao seu ponto de partida e foi definida uma sobreposição de 75% e 65%, para frontal e lateral, respectivamente.

3.3.6 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS COLETADAS

Todas as imagens coletadas de cada levantamento foram salvas pelo drone em um cartão de memória e posteriormente transferidas para um computador. As imagens foram separadas por pastas para cada levantamento, para mantermos a sua organização a serem processadas.

Para o processamento das imagens foi utilizado o software Agisoft Metashape, um programa que extrai dados de uma série de imagens e transforma em produtos espaciais em até 3

dimensões. O programa possui a versão gratuita, com recursos limitados, e também a versão paga, que atualmente está custando cerca de \$ 3.499,00 anuais, com todos os recursos disponíveis para utilização. Para fins de estudo de caso, utilizo-se a versão de teste, que oferece a disponibilidade de todos os recursos por 30 dias sem nenhum custo.

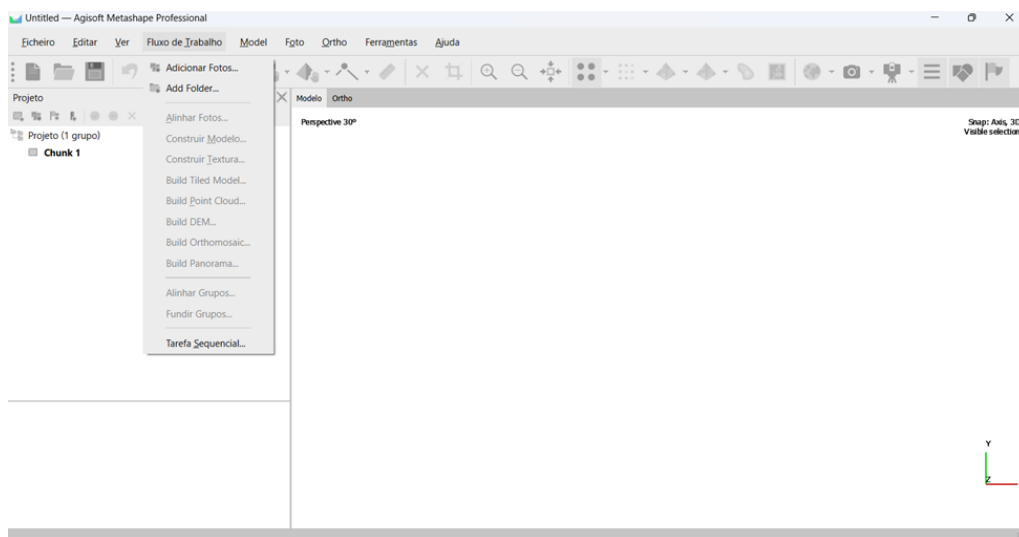
Para a utilização do software, também são exigidos requisitos mínimos (figura 6) de hardware do computador para que o programa consiga executar as tarefas solicitadas sem qualquer tipo de problema. Para realização deste estudo foi utilizado um computador que atendessem com ligeira folga os requisitos mínimos do programa, em sua configuração básica.

Figura 6 – Requisitos mínimos de hardware

Configuração básica	Configuração avançada	Configuração Extrema
até 32 GB de RAM (laptop ou desktop)	até 128 GB de RAM (desktop ou estação de trabalho)	128+ GB RAM (Servidor)
CPU: Processador Intel, AMD ou Apple M1/M2 de 4 a 12 núcleos, 2,0+ GHz	CPU: processador Intel ou AMD de 6 a 32 núcleos, 3,0+ GHz (por exemplo: Intel i7 / i9 ou AMD Ryzen 7 / Ryzen 9 / Threadripper)	Para o processamento de conjuntos de dados extremamente grandes, podem ser usados servidores Intel Xeon ou AMD EPYC de soquete duplo (3,0+ GHz) com GPUs Quadro, Tesla, Radeon Pro ou Instinct.
RAM: 16 - 32 GB	RAM: 32 - 128 GB	
GPU: GPU NVIDIA ou AMD com mais de 1024 shaders unificados (por exemplo: GeForce RTX 2060 ou Radeon RX 5600M)	GPU: 1 - 2 GPUs NVIDIA ou AMD com mais de 1920 shaders unificados (por exemplo: GeForce RTX 3080 ou Radeon RX 6800 XT)	

Fonte: Os autores (2023).

Este programa oferece um layout de área de trabalho muito simples de ser utilizado, com fluxos de trabalhos intuitivos (figura 7). Para cada levantamento, seguiu-se um procedimento para processar as imagens, onde foram sendo gerados produtos, até chegar no resultado final, com os dados desejados.

Figura 7 – Tela inicial do Agisoft Metashape

Fonte: Os autores (2023).

O primeiro passo foi fazer a importação de fotos para o programa e, em seguida, fazer o alinhamento das fotos. Com isso foi gerado o primeiro produto, que é a nuvem de pontos (figura 8). Nessa etapa, é possível fazer a exclusão de pontos fora da região desejada e também de inserir pontos de controles.

Figura 8 – Nuvem de pontos.

Fonte: Os autores (2023).

Dessa nuvem de pontos inicial é feita a nuvem de pontos densa, onde um número consideravelmente maior de pontos é gerado (figura 9).

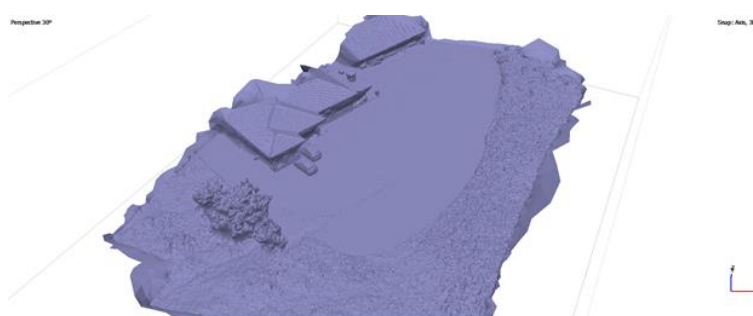
Figura 9 – Nuvem de pontos densa.



Fonte: Os autores (2023).

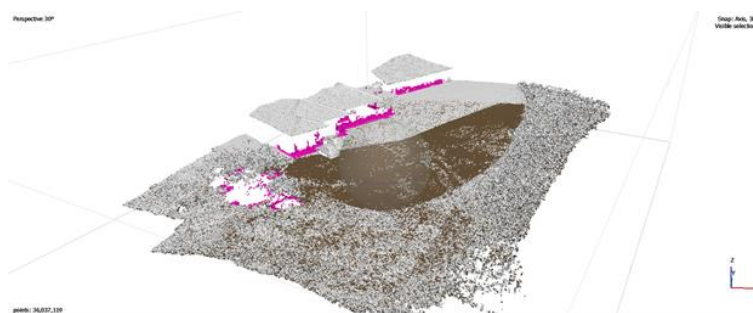
Através da nuvem de pontos densa, é possível criar modelos digitais de superfícies tridimensionais, também conhecido como modelos 3D. Os modelos podem ser o Modelo Digital de Superfície (MDS), que leva em conta todos os objetos levantados, ou o Modelo Digital de Terreno (MDT), que é feito a partir de uma filtragem da nuvem de pontos densas, excluindo objetos, como árvores ou veículos conforme as Figuras 10 e 11 a seguir:

Figura 10 - Modelo Digital de Superfície (MDS)



Fonte: Os autores (2023).

Figura 11 - Modelo Digital de Terreno (MDT)



Fonte: Os autores (2023).

Para melhorar ainda mais a visualização dos modelos 3D criados na etapa anterior, é possível criar uma textura no processamento (figura 12). Esta etapa não influencia na precisão dos dados, somente para efeito visual, mas torna o produto com aparência muito próximo do real.

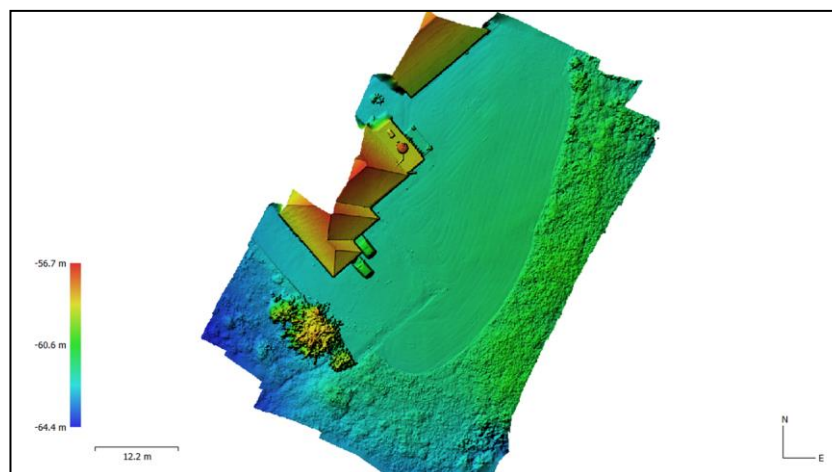
Figura 12 - Textura no processamento



Fonte: Os autores (2023).

A partir do modelo digital de superfície, é possível gerar o Modelo Digital de Elevação (DEM), que é a representação da elevação da área através de cores e escalas. Com a geração deste produto, é possível também obter as curvas de níveis de um terreno (figura 13).

Figura 13 - Modelo Digital de Elevação (DEM)



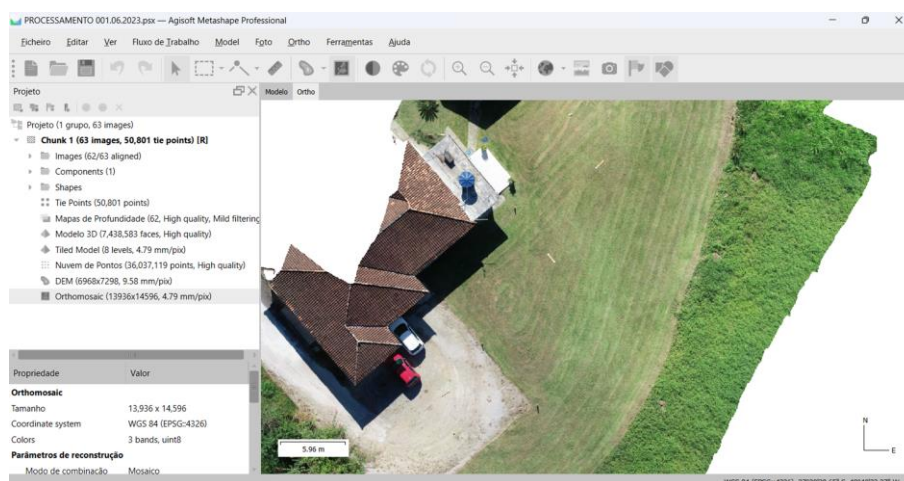
Fonte: Os autores (2023).

O último produto gerado é o mosaico de ortofotos, ou também conhecido como ortomoisaco, que é a homogeneização das fotos de forma ortogonal, para que seja gerado um

objeto único, com dados de dimensões e excluindo o efeito de inclinações das fotos ou do terreno (figura 14).

Com o ortomosaico construído, é possível levantar dados da área processada com bastante precisão e agilidade. Além disso, o programa permite ainda a criação de um relatório final, onde estão contidos todas as informações do processamento, desde o tempo utilizado em cada etapa, os resultados alcançados em cada uma delas e também o tamanho do arquivos gerado.

Figura 14 – ortomosaico de fotos.



Fonte: Os autores (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Iremos, neste capítulo, apresentar os resultados que obtivemos através de pesquisas e dos dados levantados no estudo de caso, onde pudemos observar pontos positivos e negativos da utilização do drone na engenharia civil, em específico na área de levantamentos topográficos.

Com o processamento da série de imagens obtidas do primeiro levantamento, obtivemos o principal produto, além de todos os demais produtos, que é mosaico de ortofotos. Conforme dito no capítulo anterior, a ortofoto está carregada de informações e com ela é possível retirar dados de medidas espaciais, tanto em 2D quanto em 3D.

Neste primeiro processamento, foram retiradas medidas em duas dimensões (distância, perímetro e área) das 3 peças de madeira, utilizando o ortomosaico de fotos dentro do próprio programa Agisoft Metashape. O tempo de processamento desta etapa foi de aproximadamente 1 hora. Planilhamos o resultado encontrado de cada uma das 3 peças e tiramos a média para cada dimensão. Chegamos em uma precisão de 98,96%, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Dados de precisão em 2D do drone.

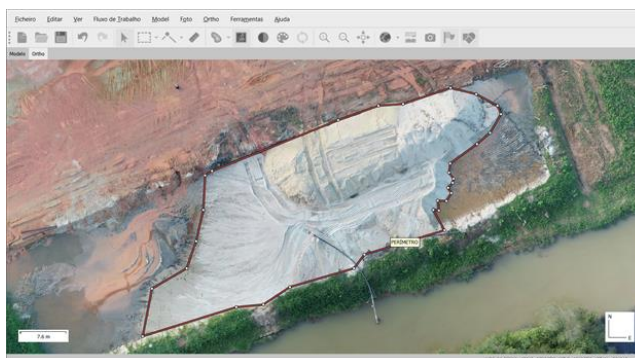
DIMENSÃO:	COMPRIMENTO	LARGURA	PERÍMETRO	ÁREA
UNIDADE:	Metros (m)	Metros (m)	Metros (m)	Metros quadrados (m ²)
PEÇA 01:	1,000	0,150	2,312	0,157
PEÇA 02:	0,999	0,152	2,296	0,155
PEÇA 03:	0,992	0,151	2,312	0,152
MÉDIA:	0,997	0,151	2,307	0,155
REAL:	1,000	0,150	2,300	0,150
PRECISÃO:	99,70%	99,47%	99,71%	96,98%
VARIAÇÃO (%):	0,30%	0,53%	0,29%	3,02%
ERRO:	0,003 m	0,001 m	0,007 m	0,005 m ²
RESULTADO:	98,96%			

Fonte: Os autores (2023).

Para o segundo levantamento, também foi feito o procedimento de processar as imagens coletadas em campo pelo drone, até obtermos o produto final. Porém, nesta etapa realizamos também a delimitação do perímetro do volume de areia (figuras 15 e 16) e selecionamos a opção de cálculo do volume de material contido dentro desta área, ferramenta disponível dentro do software.

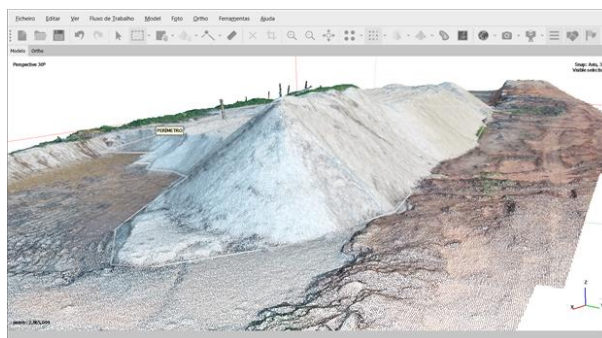
O volume informado pelo programa foi de 1471 metros cúbicos (m³) de areia. O tempo total para a coleta de imagens, para o processamento e a obtenção do volume foi cerca de 1 hora e 50 minutos.

Figura 15 – Delimitação do perímetro do volume de areia (Vista em planta)



Fonte: Os autores (2023).

Figura 16 – Delimitação do perímetro do volume de areia (Vista isométrica)



Fonte: Os autores (2023).

O mesmo volume de areia foi levantado utilizando o método tradicional, que atualmente está bem consolidado em relação à sua precisão. Foram feitas as coletas de pontos com um equipamento GPS equipado com sistema RTK, que tem como objetivo corrigir as coordenadas em tempo real, agilizando o processo.

O tempo de processamento dos pontos coletados foram bem próximos ao processamento das imagens feitas pelo drone. Porém, o tempo de coleta dos pontos em campo foi de aproximadamente 6 vezes maior que a executada com o drone. O volume obtido pelo método tradicional foi de 2005 m³.

Com isso, pode-se observar que apesar de o drone ser mais ágil na coleta de dados em campo, os resultados volumétricos levantados tiveram um erro de aproximadamente 27%, por conta da sua imprecisão em relação à altura dos pontos. Vale ressaltar que esse erro pode ser eliminado ao utilizar pontos de controle, que são dados de coordenadas reais, adicionados no processamento das imagens, na utilização de um drone com sistema RTK integrado ou com sistema de escaneamento a laser.

4.1 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO REAL

Visto que os dados coletados mostraram que, realizando o levantamento somente utilizando o drone, apesar de não possuir um resultado preciso para dados volumétricos, possui grande aplicação na engenharia civil, gerando produtos com dados em dimensões 2D precisos, que podem ser utilizados para diversos objetivos.

Após realizar o mesmo processamento de imagens dos dois levantamentos anteriores, em menos de 2 horas, obtivemos o ortomosaico de um empreendimento industrial completo, chamado de Deltaville Business, que servirá de produto final para algumas aplicações que listaremos a seguir.

4.1.1 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

O Agisoft Metashape permite, além de realizar medidas no próprio programa, também exportar os produtos obtidos. Como, por exemplo, a criação de um arquivo em formato de extensão .kmz, onde é possível ser aberto dentro de mapas globais, como o Google Earth (figura 17). Isso é bastante importante, pois permite que os responsáveis técnicos analisem de forma visual o estado real do avanço, porém de uma forma bastante ampla, podendo ter uma perspectiva da obra como um todo.

Figura 17 – Imagem de satélite x imagens processada com Drone



Fonte: Os autores (2023).

4.1.2 MEDIÇÃO DE SERVIÇOS EXECUTADOS

Com o programa é possível realizar medição de distâncias, perímetros e áreas de cada etapa da obra. Como por exemplo, conferir a metragem linear da execução do meio fio extrusado, de uma das vias do empreendimento (figura 18). Neste caso, pudemos observar que o resultado apresentado pelo programa estava exatamente com o que foi levantado em campo, 300 metros lineares conferidos por trena e estacas com marcações topográficas.

Figura 18 – Medição linear de meio fio extrusado.



Fonte: Os autores (2023).

4.1.3 CONFERÊNCIA DE LOCAÇÃO

Dentre outras aplicações, é válido ressaltar a possibilidade de fazer a conferência da locação das obras executadas. Procedimento fundamental para garantir que determinada construção esteja sendo feita em local correto.

Como o mosaico de ortofotos, gerado pelo processamento das imagens levantadas pelo drone, possui uma representação real das medidas em duas dimensões e também são georreferenciadas, é possível verificar se a obra está seguindo a posição determinada em seu projeto. Portanto, exportamos os layers do projeto criado em outros softwares, como o AutoCad, conseguimos conferir de forma visual se a execução das vias estão dentro da sua localização determinada em projeto (Figura 19)

Figura 19 – Conferência de implantação das vias.



Fonte: Os autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos deste estudo de caso, conseguimos evidenciar que o drone pode ser um equipamento utilizado para realizar levantamentos topográficos para projetos de engenharia civil.

Como toda nova ferramenta para a área da topografia, o drone não substitui os equipamentos tradicionais por completo, mas possui grandes vantagens para o levantamento de dados em campo, como a agilidade na coleta de informações de grandes áreas, diminuição na quantidade de pessoas para um determinado serviço e também na utilização em locais que proporcionem risco para fazer presencialmente.

Apesar de um drone equipado somente com um sistema GPS e com uma câmera de boa qualidade consiga gerar dados com bastante precisão para medidas em duas dimensões (2D), realizando o processamento através da fotogrametria, somente essa ferramenta ainda apresenta um erro significativo para medições de volumes (3D), chegando em 20 a 30% de diferença do valor real de altura. Porém é importante ressaltar que esse erro pode ser extinto, fazendo a utilização de pontos de controles, coletados através de equipamentos tradicionais da topografia, ou ainda utilizando componentes aprimorados para o drone que já estão disponíveis no mercado, como um scanner a laser ou um sistema RTK embutidos.

Os drones não só fazem parte do nosso dia a dia, como também está em constante evolução e irá cada vez mais ser aperfeiçoado para realizar novas tarefas e facilitar ainda mais os serviços hoje realizados.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por todas as coisas que nos proporciona.

Agradecemos à todas as pessoas que fizeram com que isso fosse realizado, especialmente aos nossos pais, familiares, amigos e professores. Agradecemos também à instituição de ensino Unisociesc, pela oportunidade que nos foi dada.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Resolução nº 419**. Estabelece os requisitos para a operação de aeronaves não tripuladas, 2017

BRASIL, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Portaria nº 957/GC3**. Regula a operação de aeronaves não tripuladas, 2015.

BRASIL, República Federativa do. **Lei nº 13.709/2018**. Lei Geral de Proteção de Dados, 2018.

CHAVES, Newton Duarte. Aeronaves remotamente pilotadas e a responsabilidade civil e penal: a eficácia da legislação atual brasileira para coibir o emprego irresponsável de aeronaves remotamente pilotadas e a segurança operacional de voo da aviação civil. **Gestão e Direito Aeronáutico-Unisul Virtual**, 2018.

COELHO Júnior, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva Correa de Oliveira. **Topografia geral**. Recife : EDUFRPE, 2014.

ZIMMERMANN , cláudio cesar. **Topografia I: conceitos gerais e planimetria**, uma abordagem geral sobre os conceitos, cálculos e métodos utilizados em georreferenciamento e suas aplicações à planimetria universidade federal de santa catarina, 2020.

BERNARDO, Maria Emanuela Conceição et al. **Aplicação de Aeronave Remotamente Pilotada (Drone) em Engenharia Civil-levantamento bibliográfico e estudo de caso**. 2021.

JUNIOR, Aduari Silveira Rodrigues et al. Uma experiência na utilização de uma aeronave remotamente pilotada para apoio ao ensino e projetos de engenharia civil/An experience in using a remotely pilot aircraft to support teaching and civil engineering projects. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16936-16949, 2019.

VIEIRA, Paulo Barral de Hollanda Gomes; DA SILVA BUENO, Liane. ARPS E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA CIVIL. **IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação**, p. 64-79, 2019.

PAMBOUKIAN, Sergio Vicente Denser. Topografia com drones e GNSS. **I mostra docente de ciência, tecnologia e inovação da escola de engenharia**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2019.

SANTOS, Luiz Rangel Lima. **Uso da geotecnologia RPA no acompanhamento de obras e projetos em diversas áreas da engenharia civil**. 2021.

CAMPOS, Jéssika de Almeida Mota et al. Uso de drones para auxílio de levantamento topográfico: comparativo entre laser scanner, drone (ortofoto) e estação total. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, v. 19, p. 1-4, 2019.