
ESTUDO DE CASO - ANÁLISE DE IMAGENS GERADAS POR VANT (DRONE) PARA O MONITORAMENTO E CONTROLE DO AVANÇO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA

NETO, Antônio Salgado ¹
CALDEIRA, Nathália Longaray ²
FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti ³

RESUMO

Este artigo analisa a aplicação de imagens e vídeos obtidos por um veículo aéreo não tripulado, denominado drone, no monitoramento e controle do avanço de obras de infraestrutura de um loteamento residencial no município de Araquari/SC. Apresenta um breve histórico, seus principais conceitos e definições, bem como sua regulamentação conforme a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). A metodologia aplicada foi dividida em três etapas, sendo a primeira uma revisão bibliográfica, na segunda, realizar às práticas de campo com a utilização de um drone para na última etapa, proceder com a seleção e análise das informações extraídas das imagens e vídeos registrados. As imagens aéreas favorecem nas apresentações de relatórios além de potencial comercial e de marketing. Dessa forma, as avaliações qualitativas permitem afirmar que o monitoramento de obras de infraestrutura com a captura de imagens por meio de um drone, demonstram ser uma atividade produtiva e assertiva ao gerar dados de qualidade com agilidade, precisão e segurança.

Palavras-chave: Drone; Tecnologia; Monitoramento de obras; Infraestrutura; Engenharia Civil.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo pretende analisar o potencial de aplicação da ferramenta drone no monitoramento e controle das etapas de obra de infraestrutura de um loteamento residencial, ressaltando sua agilidade e simplicidade na captura de imagens. Objetiva identificar e apresentar para discussão as oportunidades de aplicações desta tecnologia de inovação no ambiente da engenharia civil.

Os drones têm despertado muito interesse em diversos âmbitos, o qual ficou conhecido pelo uso das suas filmagens e fotografias aéreas para fins recreativos e

¹Graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, salgado.sand@hotmail.com.br; ²Graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, nathalialongaray@hotmail.com; ³Professor orientador: Msc. Michela Steluti Poleti Faria, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br.

não recreativos. As empresas entram nesse mercado visando aprimorar a execução das suas atividades e buscando custos viáveis com relação as suas aquisições. (BORGES & SILVA, 2018, p.15).

A revista Mobuss Construção (2020) evidencia que com o uso dos drones acompanhar as etapas da obra se tornou uma atribuição consideravelmente trivial. Eles auxiliam na obtenção de vídeos e imagens do local por meio de programas, que usa fotos para obter plantas, superfície do solo, edifícios e outras estruturas na construção civil, e ajudam a esquematizar canteiros de obras. Sendo possível identificar erros ou falhas na construção para que a gestão as trate com rapidez, para certificar que os processos da produção estejam no seu padrão desejado.

O mercado tem focado em sistemas que respondem e controlam um recinto em tempo real, para aprimorar as suas inspeções de obras civis. Com novas técnicas e ferramentas, o rápido avanço tecnológico facilita na contribuição de uma gestão mais segura e assertiva, agregando resultados positivos (FERREIRA, 2018).

O objetivo geral deste trabalho pretende analisar as imagens geradas por um drone com aplicação no monitoramento e controle do avanço de obras de infraestrutura.

Como objetivos específicos, tem-se o esclarecimento de quais são as regras de operações do uso de aeronaves não tripuladas em solo brasileiro e os órgãos regulamentadores. Demonstrar que o uso do drone para o monitoramento de obras, pode ser aplicado no canteiro de obras de uma urbanizadora na cidade de Araquari, desenvolver planos de voo para captura de imagens e ainda, apresentar as características evidenciadas com a utilização de imagens obtidas por drone no monitoramento de obra e demais aplicabilidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo serão abordados temas relacionados ao histórico, tipos e características dos drones e sua regulamentação, possibilitando conhecer os conceitos e suas principais aplicações no mercado da engenharia civil no intuito de validar o objeto de pesquisa deste estudo como uma ferramenta tecnológica emergente, de fácil acesso e variados recursos.

2.1 HISTÓRICO DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

De forma genérica, o termo VANT (drone) faz referência à equipamentos aéreos não tripulados, ou seja, não há operador dentro do próprio veículo. A origem dessa tecnologia deve-se a aplicações militares, tendo como fonte de inspiração as bombas voadoras alemãs do tipo V1, utilizadas na Segunda Guerra Mundial (Falorca, Lanzinha; 2018).

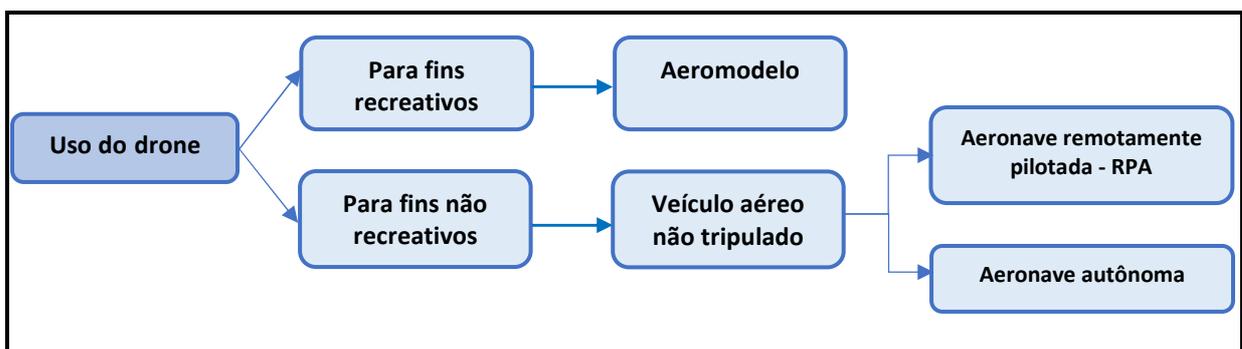
O principal objetivo da invenção do drone, era criar uma arma de detonação remota. Apesar de sua simplicidade, tornava-se alvo fácil de interceptação, pois somente voava em linha reta e com velocidade constante. A principal ideia era não expor nenhum soldado nas linhas de ataque (AERODRONEBRASIL, 2017).

No Brasil o desenvolvimento de drones tinham como principal necessidade a ser atendida, o uso dos mesmos por órgãos militares, como a Marinha, a Aeronáutica e o Exército, visando treinamentos para o uso de drones na área de Segurança e Defesa (FAB, 2018).

2.2 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO DRONE

De forma coloquial e popular, os drones referem-se aos equipamentos remotamente pilotados, sendo que a sigla VANT é a tradução do termo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) referência essa que designa a todo e qualquer equipamento que acesse o espaço aéreo, desde que seja não tripulado. Como termo técnico, tem-se a designação como RPAS, sigla de *Remotely Piloted Aircraft System*, conforme mostra a figura 1. (DECEA, 2020).

Figura 1 - Termos para o Uso do Drone



Fonte: Adaptado pelos autores, 2020; (BORGES E SILVA, 2018, p. 21)

Os RPA's possuem uma classificação quanto ao peso máximo de decolagem (PMD) que possuem, além da regulamentação estar relacionada com voos recreativos e não recreativos, sendo que os mesmos ocorrem de maneira não autônoma (ANAC, 2017):

Classe 1: peso máximo de decolagem maior que 150 kg;

Classe 2: peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg; e

Classe 3: peso máximo de decolagem de até 25 kg.

Outro modo de como os drones podem ser identificados, diz respeito as características aerodinâmicas, e referem se aos três tipos de drones mais utilizados, conforme mostra a figura 2, como os de Asa Fixa, os Multirotor ou Asa Rotativa e, os Híbridos (Falorca, Lanzinha; 2018).

Figura 2 - caracterização dos drones



Fonte: Falorca, Lanzinha; 2018

Os drones não possuem permissão para realizar pouso de forma indiscriminada. A responsabilidade pelas decolagens e pousos são de total responsabilidade do piloto remoto, sendo que os pousos devem ocorrer a uma distância de no mínimo 30 metros horizontais de terceiros, ou desde que haja a anuência de terceiros para operar o local determinado (ANAC,2017).

2.2.1 Principais partes de um drone

Em sua arquitetura básica, um drone é constituído de tecnologia que lhe permite um voo não tripulado baseado em sensores ligados a um computador de bordo com capacidades autônomas conectado a uma estação terrestre (pilotado remotamente) (Falorca, Lanzinha; 2018).

Um drone é controlado por sistemas remotos de controle de solo (GSC), e possuem sistema globais de navegação por satélite (GNSS) que permitem uma navegação altamente precisa utilizando tecnologia de estabilização giroscópica e

uma unidade de medição inercial (IMU) que utiliza um ou mais acelerômetros detectando mudanças em atributos rotacionais (ESPAÇODODRONE, 2019).

Embora no mercado atual já exista uma variada gama de opções de drones, é possível descrever suas principais características físicas:

Aeronave: é o drone propriamente dito;

Bateria: a fonte de energia é uma bateria de Li-Po (polímero de lítio) que oferecem autonomia de voo que variam de 10 a 30 minutos;

Motores/Hélices: são responsáveis por fazer o drone voar, permitindo que o drone quebre a resistência do ar sem perder nos quesitos velocidade ou ganho de altura;

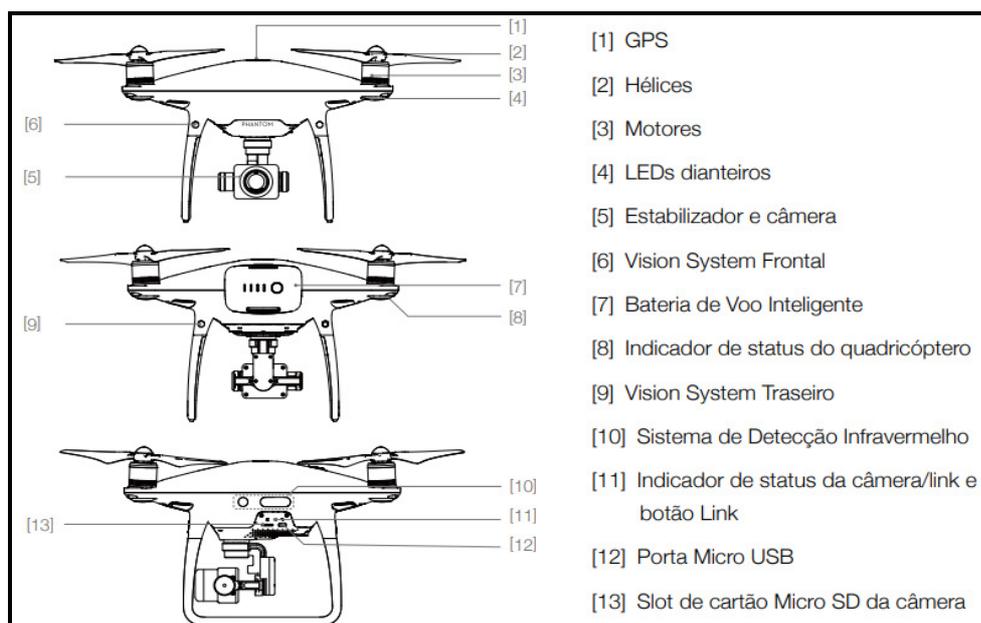
Gimbal: responsável por garantir a captura de imagens, conta com um sistema de estabilização da câmera que permite o drone se movimentar o tanto que for necessário sem comprometimento a qualidade das imagens;

Câmera: os primeiros drones domésticos precisavam de uma câmera auxiliar (geralmente uma GoPro) para a captura de imagens. Entretanto, os modelos mais recentes já apresentam eficientes câmeras que permitem o registro de imagens, através de fotos e vídeos de alta resolução;

Aplicativo móvel: tecnologia permite visualizar diretamente na tela de um dispositivo móvel, as imagens que estão sendo captadas pelo drone, fazendo com que o uso da aeronave seja ainda mais fácil e prático.

Na figura 3, apresentamos o diagrama típico de um quadricóptero:

Figura 3 – diagrama típico de um quadricóptero



Fonte: Manual do Usuário Phantom 4 Pro V1.2 (2017)

2.3 REGULAMENTAÇÃO PARA O USO DE DRONES

Atualmente a utilização de drones vem se popularizando e os responsáveis pela aviação civil de diversos países do mundo vêm intensificando estudos e trabalhos para melhor entender esta atividade e integrar sua atuação junto ao espaço aéreo local (SILVA, 2018).

De suma importância no intuito de garantir a segurança e privacidade de indivíduos, controlar possíveis colisões, risco de pirataria, além do uso para fins ilegais, a regulamentação a cerca da utilização do RPA é necessária para que o mercado possa continuar expandindo (SCHREIBER; OSTIARI, 2014).

2.3.1 Legislação Internacional

No âmbito global, em termos de normas e regulamentações, a Convenção de Chicago, assinada em 1944 por representantes de 52 nações, criou a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), órgão das Nações Unidas responsável pelo debate e desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil mundial, estabelecendo normas e regulamentos necessários para a segurança e eficiência aérea (ANAC, 2017).

Muitos países ainda estão por desenvolver normas que visam garantir um ambiente legal e comercialmente favorável para utilização das aeronaves remotamente pilotadas. Austrália, Canadá e França são países considerados pioneiros na regulamentação do RPA, enquanto na Europa, a EASA (European Aviation Safety Agency), é a responsável pela regulamentação do espaço aéreo com legislação para o uso do drone para fins civis, abrangendo normas de segurança, privacidade, proteção de dados, seguros e responsabilidade; no Reino Unido, as operações de RPAs são reguladas pela norma CAP 393, estabelecida pela CAA UK (Civil Aviation Authority-United Kingdom) (PECHARROMÁN, VEIGA; 2017).

Segundo Melo (2016), nos Estados Unidos a agência que regulamenta a utilização de RPAs é a Administração de Aviação Federal (FAA – Federal Aviation Administration) por meio do documento CFR 14, Part 107(código de regulamentações federais), no qual constam as regras para uso de drones civis. A operação de RPAs no Chile é regulada por meio da norma DAN 151, intitulada de Operações de Aeronaves Pilotadas a Distância (RPAs).

Na maioria dos países, os regulamentos diferenciam entre vôos recreativos e comerciais e seguem uma abordagem com alguns princípios em comum, como categorias por peso médio de decolagem, limites de altitude e operacionais, bem como distância mínima de segurança para pessoas, veículos e edifícios (PECHARROMÁN, VEIGA; 2017).

2.3.2 Legislação Nacional

No contexto nacional, a operação e uso civil de RPAs são regulamentados, por três órgãos, sendo eles: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017), Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA, 2020) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2020). Na figura 4, um resumo conforme ANAC:

Figura 4 – Regulamentação da ANAC

Resumo da Regulamentação da ANAC				
	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim	Sim
Aprovação/Autorização do projeto?	Sim	Sim	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para op. acima de 400 pés	Apenas para op. acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgãos de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil/e ou de corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

Fonte: Adaptado pelos autores (ANAC, 2017)

O cadastro de drones na ANAC, deve ser realizado para todos os drones com massas entre 250 gramas a 25 quilos. Para equipamentos com massa acima de 25 quilos, é necessário um registro de habilitação do piloto. Para drones abaixo de 250 gramas, não há necessidade de qualquer tipo de registro (ANAC, 2017).

O acesso ao espaço aéreo e segurança de navegação aérea é de competência do DECEA. Existe um documento denominado Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40, o qual refere-se a legislação sobre o acesso ao

espaço aéreo das aeronaves remotamente pilotadas, sendo que os voos devem ser autorizados pelo sistema SARPAS do DECEA (DECEA, 2020).

Com relação a homologação e certificação dos equipamentos, a competência está direcionada a ANATEL, pois os drones possuem transmissores de radiofrequência em seus controles remotos (ANATEL, 2020).

2.4 MERCADO E APLICAÇÕES

Ainda que jovem, a indústria de drones comerciais vê o mercado começando a se consolidar e os segmentos da fotografia aérea e agropecuário como os maiores consumidores. No Brasil, uma das maiores economias do mundo e carente de investimentos na infraestrutura, os drones encontram mercado junto a empresas de engenharia e construção civil (PECHARROMÁN, VEIGA; 2017).

Pesquisas apontam que a procura por drones cresceu 274% entre os anos de 2017 a 2018 (COSTANOBREENGENHARIA). Esse aumento na utilização de drones inclui empresários que estão implantando os drones na engenharia civil. Tal utilização se deve a possibilidade de analisar imagens aéreas sob diversos ângulos, sem colocar em risco colaboradores.

É possível um estudo mais adequado na construção de edificações, rodovias, e inspeções de obras em diversos setores da engenharia civil, e ainda como fator positivo, a tecnologia agregada dos drones podem auxiliar na melhoria da produtividade e diminuição do tempo de realização de atividades nas obras (ITARC, 2018).

2.4.1 Inspeção de obras e serviços

De uma forma ampla, os monitoramentos e inspeções de estruturas são realizados por meio de investigação visual, acarretando dessa forma limitações de acesso aos técnicos responsáveis, principalmente em caso de estruturas como barragens, pontes, igrejas, e prédios com muitos andares, sendo situações essas, nas quais são necessários equipamentos de elevação para realizar o serviço (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

As inspeções de obras são fundamentais para identificar possíveis riscos e garantir mais segurança para os procedimentos e aos integrantes da equipe que é responsável pela realização da obra, sendo assim, os drones contribuem de modo efetivo na segurança do local de trabalho (ITARC, 2018).

Uma vantagem da utilização de drones na construção civil, é o de ser possível identificar anomalias de modo a não interferir no andamento de obras e serviços. A utilização dos drones facilita a visualização de problemas em linhas de transmissão, telhados de fábrica e longos trechos de tubulação, entre outros casos de difícil acesso. Todo esse monitoramento ocorre em tempo real, gerando informações de forma mais rápida, não havendo a necessidade de locomoção de pessoas até esses locais. Por meio da utilização dos drones, a realização de inspeções se torna mais fácil e prática, de modo a identificar casos em que a construção está deteriorada ou danificada (MATTOS, 2020).

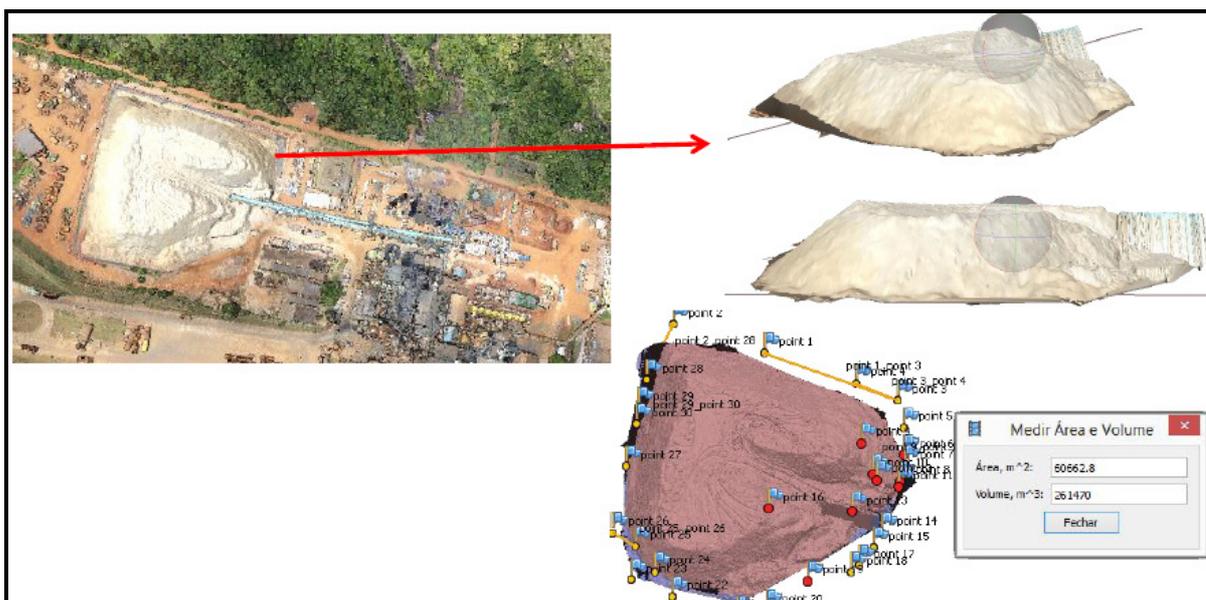
2.4.2 Levantamento de quantitativos para medições

Obras que envolvem movimento de terra requerem mensalmente a cubagem dos volumes de corte e aterro. Nesses casos, essa tarefa de verificação do andamento da obra é geralmente feita por equipes de topografia. A utilização de drones na construção civil pode substituir em parte essas equipes em grandes trechos abertos e contínuos. Para tanto, é necessário dispor de um plano de voo prévio para essas pequenas aeronaves. Ou seja, com definição de coordenadas, traçado, altura e aspectos ópticos que se repitam rigorosamente a cada voo AEROJR(2018).

Dentre as vantagens, Melo (2016) destaca que o VANT é uma ferramenta competitiva em relação ao menor custo e menor tempo quando comparado com a metodologia tradicional. Apresentando como desvantagens, tem-se as limitações quanto a autonomia da bateria e condições climáticas favoráveis. Para a adoção da tecnologia, o modelo, tamanho, carga útil, câmera e modo de operação são os principais critérios a serem definidos pelo usuário.

Rodrigues (2020) apresenta na figura 5, um exemplo de dados extraídos de um mapeamento 3D, realizado com drone, no qual foram desenvolvidos estudos relacionados a movimentação de determinado minério em canteiro.

Figura 5 - Volumetria



Fonte: DRONESHOW (2020)

2.4.3 Fotogrametria

Loch e Lapolli (1998) definem fotogrametria como sendo “a ciência e a tecnologia de obter informações seguras acerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas.

Aerofotogrametria, como subdivisão da fotogrametria, passou por um processo de atualização, do modo analógico, fotos por filme, para o modo digital, um componente eletrônico. Utilizando imagens geradas pelas câmeras digitais, acopladas em uma aeronave convencional ou drone, o objetivo principal é reconstruir automaticamente o espaço tridimensional (espaço objeto), a partir de imagens bidimensionais (espaço imagem) (RODRIGUES, 2020).

As fotografias aéreas obtidas com a utilização de drones facilitam a execução de medições e interpretações aplicadas no âmbito da Engenharia Civil como, planejamentos urbanos, mapeamentos e projetos de construções (ITARC, 2018).

2.4.4 Infraestrutura de transportes

Devido ao contínuo aprimoramento, os drones têm sido utilizados por agências de transporte e controle de tráfego. Entre as diferentes aplicações nesta área destacam-se: o monitoramento das condições ambientais do entorno das

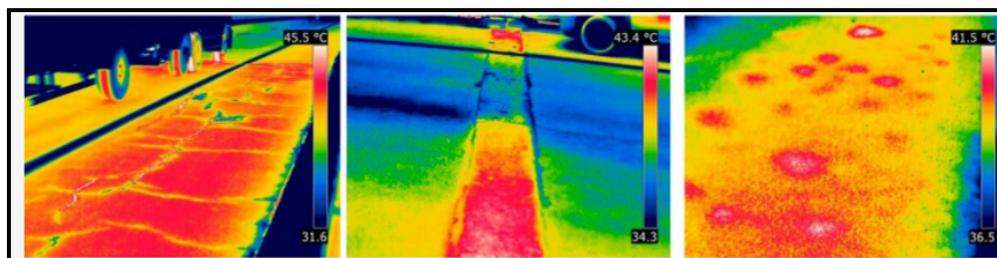
rodovias, controle de avalanches ao longo das mesmas, monitoramento de acidentes e resgate, mapeamento, inspeção de segurança e monitoramento de estruturas e pavimentos (MELO, 2016).

Dentre as aplicações para monitoramento, estudos realizados por Themistocleous et al. (2014) e Zhang (2008) apresentam a utilização desta tecnologia para avaliação de pavimentos e para avaliação das condições de rodovias não pavimentadas.

2.4.5 Captação de imagens térmicas

Por ser um método não invasivo, é aplicado em inspeções e diagnóstico em edifícios onde é possível detectar o isolamento térmico e identificar perdas de energia pontuais, detecção de vazamento de ar, mapeamento de problemas elétricos e identificar falhas de instalação (DRONEVISUAL, 2019).

Figura 6 - Sensor térmico para avaliação de rodovias



Fonte: AERODRONEBRASIL (2017)

Com uma câmera térmica acoplada a um drone com o intuito de aplicar termografia, é possível ler os diferenciais de temperatura em uma área definida. Na figura 6 acima, imagens térmicas obtidas por drone em um método de monitoramento e controle de danos aplicados em uma rodovia na República Checa no ano de 2014 (AERODRONEBRASIL, 2017).

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para a realização deste estudo estão apresentados nesse capítulo, no qual, através da realização de uma pesquisa exploratória e atividades práticas de campo, buscou-se analisar quais os principais

fatores envolvidos na captura de imagens e/ou vídeos utilizando um drone com aplicação no monitoramento e controle do avanço de obras de infraestrutura. Sendo assim, a caracterização da pesquisa, o ambiente onde foi executado e a descrição das etapas que foram implementadas, são abordados e evidenciados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para o estudo de caso em questão, o método utilizado para obtenção dos dados qualitativos, primeiramente foi uma pesquisa de cunho exploratória por meio de materiais bibliográficos, tais como artigos, teses e documentos regulamentares.

Num segundo momento, através de atividades práticas, aplicou-se as pesquisas de campo com a utilização de um drone, em que foram obtidas as imagens geradas pelo mesmo durante os voos in loco para o monitoramento e controle do avanço das obras de infraestrutura de um loteamento residencial.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

A pesquisa de campo foi realizada no empreendimento denominado loteamento residencial Bairro Planejado Reserva do Mirante, indicado na figura 7.

Figura 7 - Imagem aérea do empreendimento



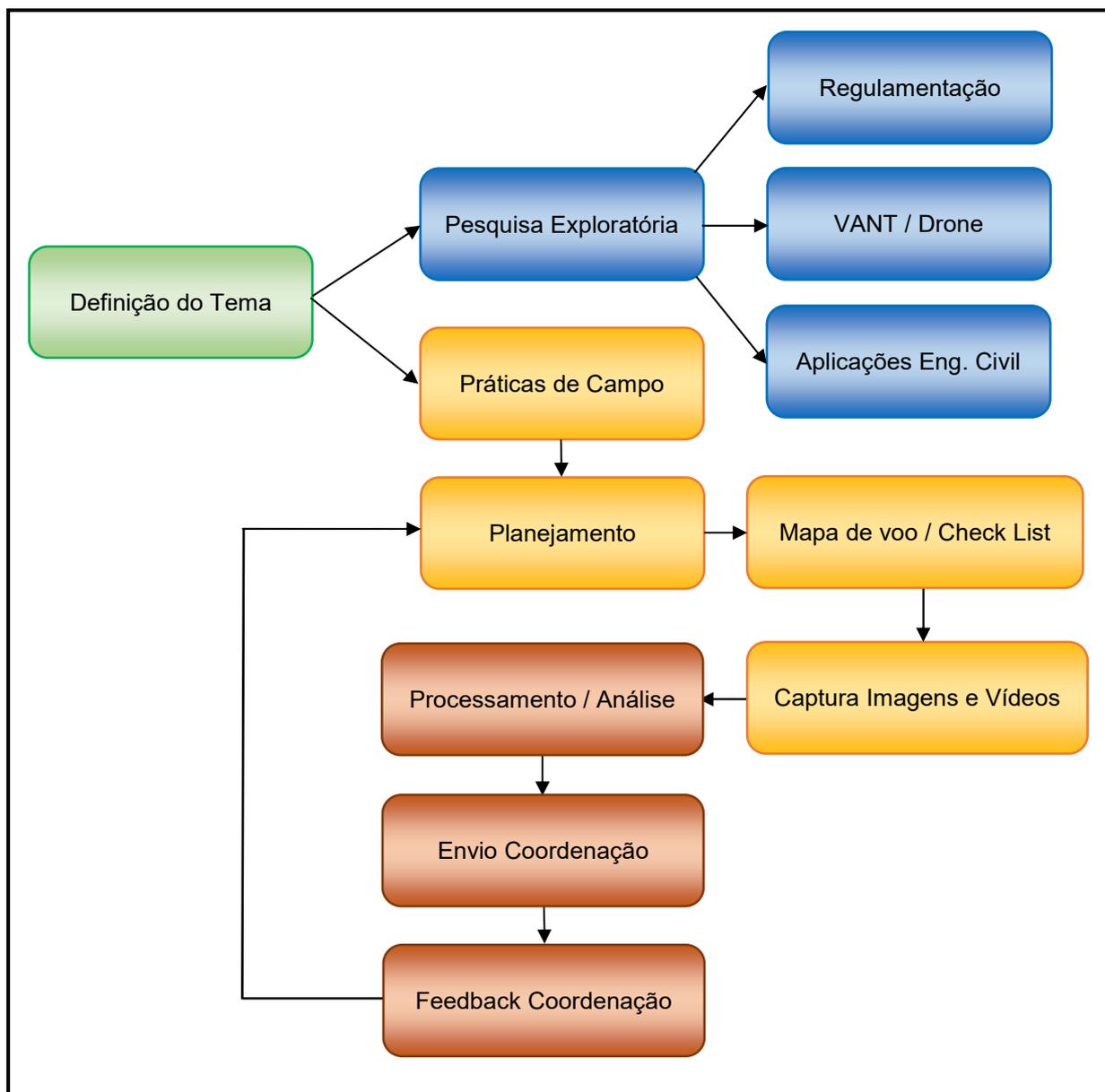
Fonte: Os autores (2021)

Localizado no bairro Itinga, município de Araquari-SC, o empreendimento, ocupa uma área total de mais de 44 ha, e é um investimento do Grupo Ábaco, uma urbanizadora que atua há mais de 40 anos no Sul do Brasil, com a execução e comercialização de loteamentos e condomínios horizontais.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A proposta de pesquisa foi idealizada em três etapas, conforme mostra a figura 8, sendo a primeira uma revisão da bibliografia, na segunda às práticas de campo que geraram imagens e vídeos para que na terceira etapa, fosse desenvolvido o processamento e análise dos ativos visuais.

Figura 8 – Fluxograma



Fonte: os Autores (2021)

A prioridade da pesquisa exploratória foi realizar uma busca de dados relacionados ao histórico do drone, suas características e elementos que compõem o equipamento, assim como, realizar um levantamento da regulamentação vigente

referente a utilização dos drones no espaço aéreo, indicações de mercado e algumas aplicações de uso do drone na Engenharia Civil.

Posteriormente, ocorreram às práticas de campo com a coleta de dados, no que tange a captura de imagens e vídeos do loteamento onde foi realizado os voos com o drone, para então identificar os potenciais pontos que viabilizaram a utilização da ferramenta no contexto do monitoramento e controle do avanço de obras, com o intuito de analisar a efetividade do seu uso dentro desse contexto.

3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Esta seção do estudo visa apresentar o equipamento selecionado para as práticas de campo e como foi desenvolvido o levantamento e coleta de dados oriundos da utilização do drone no monitoramento e controle do avanço das obras de infraestrutura do referido loteamento.

O drone utilizado foi um multirrotor do tipo quadricoptero, da fabricante chinesa de tecnologia DJI (*Da-Jiang Innovations*), modelo Phantom 4 Pro, conforme figura 9, e apresenta características que permitem obter imagens aéreas com qualidade profissional.

Figura 9 – Drone Phantom 4 Pro



Fonte: os Autores (2021)

Lançado no mercado em 2016, se popularizou pois além do uso por hobby são utilizados por profissionais dos mais variados segmentos. É considerado um aparelho leve (1,388 kg), com autonomia de voo de 28 minutos por bateria.

A tecnologia embarcada favorece uma prática de voo intuitiva e segura, destacando-se o conjunto de sensores anti colisão que mapeiam o ambiente ao redor do aparelho para detectar e impedir um eventual impacto. No controle remoto do drone é conectado um dispositivo móvel, um *smartphone* que através de um aplicativo específico, se dá início aos procedimentos de decolagem.

Figura 10 – Tela de controle de voo aplicativo *DJI GO 4* e controle



Fonte: os Autores (2021)

A imagem gerada pela câmera é transmitida ao vivo, o piloto no solo acompanha a telemetria do voo atual e visualiza no dispositivo uma “visão em primeira pessoa”, como mostra acima a figura 10.

As imagens captadas com resolução de 20MP e vídeos gravados com qualidade 4K são armazenados em um pente de memória no drone. Outras funcionalidades de segurança como sistema de navegação por GPS, sistema de Geo Zonas, denominadas NFZ (*No Fly Zone*) e, a função RTH (*Return to Home*) que fará com que o drone voe automaticamente de volta para um ponto inicial pré estabelecido quando da perda de contato entre o drone e o controle.

Para dar sentido de organização e apoio à execução dos voos, foi elaborado um documento identificado como Mapa de Voo, que segue como apêndice nesse

estudo, e foi implementado para cada voo realizado, de maneira sequencial e crescente, conforme a execução das obras de infraestrutura do loteamento foram avançando no período decorrido de junho do ano de 2020 até o mês de Maio de 2021.

No cabeçalho do Mapa de voo implantado, foram elaborados campos para inserir informações do tipo: a identificação do empreendimento, a sequência crescente de voo, o objetivo do voo, entre outras informações de forma a nortear e registrar a execução de cada voo com o drone com aplicação no monitoramento e controle do avanço das obras. A figura 11, exemplifica um mapa de voo realizado no dia 12/09/2020.

Figura 11 – Cabeçalho mapa de voo

		MAPA DE VOO - MV 08			
MONITORAMENTO DE OBRAS					
Piloto Drone Antônio Salgado		Observador Drone Nathalia Caldeira		Data 12/09/20	
Modelo Drone DJI - Phanthon 4 Pro		Autorização de voo Voo abaixo de 120mts de altitude		Localização Araquari / SC	
Objetivo Voo Foco na execução de regularização de subleito e execução de Base para pavimentação.					
Procedimento padrão para voo de monitoramento de obras com drone					

Fonte: os Autores (2021)

Para cada plano de voo, foram registrados também, informações de condição do tempo de voo, horário de início da decolagem, e quantidade de imagens e/ou vídeos captados em cada voo de monitoramento e controle, como indicado na figura 12 abaixo.

Figura 12 – Rodapé mapa de voo

Notas Tempo bom, céu limpo e sem vento. Foram realizados dois voos no período da manhã, decolagem por volta de 11:05hrs. Foram gerados 80 imagens e selecionadas 24 imagens e dois vídeos. Ativos visuais, 24 imagens e dois vídeos com tempo total de 3 minutos e 49 segundos.

Fonte: os Autores (2021)

Basicamente, para captação das imagens geradas pelo drone no monitoramento e controle do avanço das obras em questão, o método utilizado

consistiu de três etapas: (a) o planejamento das ações de campo, (b) a execução de voos para captura das imagens e/ou vídeos e, (c) o processamento e análise das imagens no escritório.

O planejamento das ações de campo visaram um alinhamento com as equipes de engenharia e execução das obras de infraestrutura do loteamento, onde informações gerais do projeto e o cronograma das etapas de execução serviram de premissa para o planejamento e definição dos planos de voos.

A metodologia aplicada na coleta de dados com a utilização do drone, seguiu uma rotina de trabalho de verificação inicial, como um *checklist* e foi nomeado de procedimento padrão, e seguem descritas em cada mapa de voo. Foram agrupadas em quatro itens: 1 - antes de sair para o campo; 2 - preparação em campo antes da decolagem; 3 - momento da decolagem e por último, mas não menos importante, 4 - momento do pouso e pós campo, conforme descrito na figura 13.

Figura 13 – Procedimento padrão mapa de voo

<p>1 - Antes de sair para o campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1 - Certificar que o espaço aéreo do plano de voo não se encontra em área restrita; 1.2 - Verificar indicativos de previsão meteorológica para a data e horários programados; 1.3 - Verificar se as baterias do drone, do rádio controle, e do tablet/smatphone estão devidamente carregadas; 1.4 - Certificar que o cartão de memória está inserido no drone e o software de navegação está atualizado; 1.5 - Configurar funções Failsafe como Return do Home, altitude de retorno e ações de perda de sinal; 1.6 - Determinar previamente os locais para pouso e decolagem observando afastamentos de 30 metros. <p>2 - Preparação em campo antes da decolagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1 - Comunicar e alinhar com o responsável direto da obra sobre o plano de voo e objetivos; 2.2 - Atestar que as condições climáticas estão adequadas para a operação com o drone; 2.3 - Certificar que a área ser monitorada não possui perigos potenciais: linha de transmissão e outros obstáculos; 2.4 - Localizar o ponto de pouso/decolagem e certificar que o local é adequado; 2.5 - Iniciar a montagem do aparelho removendo protetor de gimbal, instalação das hélices, bateria; 2.6 - Conectar o tablet/smatphone ao controle e verificar as calibrações de IMU, sensores, GPS; 2.7 - Verificar as configurações de camera, cartão de memória na tela do aplicativo. <p>3 - Momento da decolagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> 3.1 - Condições climáticas favoráveis e ponto de pouso/decolagem adequado, conferir controle drone modo GPS; 3.2 - Certificar no aplicativo que o drone está com home point definido para um voo com segurança; 3.3 - Iniciar decolagem teste para verificar navegabilidade e resposta aos comandos de voo; 3.4 - Retornar ao ponto de pouso/decolagem e aterrisar. Revisar o objetivo e dar início a plano de voo; 3.5 - Observador (opcional) deve atentar para não permitir que o piloto seja interpelado durante a execução do voo; <p>4 - Momento do pouso e pós campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> 4.1 - Na aproximação do drone no retorno ao ponto de pouso/decolagem, certificar que o local está desimpedido; 4.2 - Com o drone devidamente pousado, verificar se as imagens/videos foram armazenadas no cartão de memória; 4.3 - Desligar o drone, controle e tablet/smatphone e guardar no case específico, atentar para a trava do gimbal; 4.4 - Após atividades de campo, conectar cartão de memória para descarregar o material recém gerado;

Fonte: os Autores (2021)

O objetivo principal do procedimento padrão foi assegurar a segurança das operações, onde o drone e seus componentes foram conferidos e itens como a carga da bateria e do controle do drone, condições meteorológicas e interferências físicas na linha de voo, cuidados na aproximação para pouso, entre outros, foram previamente verificadas e executadas.

Cada mapa de voo gerou uma determinada quantidade de imagens e/ou vídeos, e esses ativos visuais passaram por um processamento em ambiente de escritório, onde foram realizadas uma análise prévia para seleção e organização em pastas. Posteriormente, esse material foi disponibilizado aos gestores da obra, onde as informações oriundas e suas aplicabilidades foram evidenciadas.

As imagens selecionadas para compor cada plano de voo foram enumeradas, também de forma crescente, e brevemente identificadas de acordo com o plano de vista de cada imagem, conforme verificado na figura 14.

Figura 14 – imagem apêndice J



Fonte: os Autores (2021)

Em cada Apêndice constam as imagens capturadas de cada dia que aplicou-se um plano de voo e todos os apêncides estão disponibilizados em: <https://drive.google.com/drive/folders/1EkpThyJCGe9Hh4NEZNjA9CiGMiHVMMoM?usp=sharing>.

Antes de analisar os resultados obtidos, vale ressaltar que todos os mapas de voo foram realizados abaixo da altitude máxima permitida de 120 metros, conforme preconiza a Agência Nacional de Aviação Civil e o DECEA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo do estudo de caso verifica se que, a utilização de imagens e vídeos gerados por drone para o monitoramento e controle de obras de infraestrutura, demonstra ser uma atividade produtiva e assertiva ao gerar dados de qualidade com agilidade, precisão e segurança.

Dentro de um período de doze meses de estudo foram realizados 29 planos de voo, e os materiais produzidos foram organizados em apêndices e nomeados de forma crescente, Apêndice A – Junho 2020 até o Apêndice M – Maio 2021, e encontram-se planilhados na tabela 01.

Tabela 01 – Relação de apêndices e dados diretos

Apêndice	Mapa de Voo (und)	Imagem (und)		Vídeo (und)	Tempo de vídeo
		Registrada	Selecionada		
A - Junho 2020	2	35	26	7	07:44
B - Julho 2020	3	56	43	14	24:58
C - Agosto 2020	2	46	32	8	13:14
D - Setembro	2	72	32	7	13:27
E - Outubro 2020	3	62	44	8	10:48
F - Novembro 2020	3	82	46	8	13:28
G - Dezembro 2020	2	64	32	5	13:10
H - Janeiro 2021	2	53	32	6	14:58
I - Fevereiro 2021	2	64	34	3	05:43
J - Março 2021	3	189	68	16	32:58
L - Abril 2021	3	156	60	5	09:37
M - Maio 2021	2	88	42	5	12:10
Dados totais	29	967	491	92	2h52m15s

Fonte: os Autores (2021)

De forma direta, em uma análise aos dados totais da tabela acima, fica evidenciado que o monitoramento das obras de infraestrutura do loteamento foi assistido no mínimo, com a operação de dois voos com drone por mês, e que em todos os voos foram obtidas imagens e vídeos.

Mais do que quantificar os dados, as análises são ainda mais relevantes quando se observa por uma perspectiva ampliada, onde as imagens captadas com o drone proporcionam pontos de vista fora do alcance por métodos tradicionais de trabalho, onde o observador está ao nível do solo.

Inicialmente, em Junho de 2020 as operações para monitoramento foram atividades relacionadas a execução da estruturação para pavimentação das vias internas do loteamento, conforme indicado na figura 15.

Figura 15 – imagem apêndice A – Junho 2020

RM – 20/06/2020 – foto 14 – Vista avenida central



Fonte: os Autores (2021)

Na figura 16 adiante, uma imagem com vista de topo foi captada para registrar a execução da camada final de base para pavimentação de um trecho da avenida central do loteamento, porém é possível observar alguns postes da rede de eletrificação já instalados, como também, identificar equipamento em atividade na retirada de material em outro trecho da mesma avenida.

Figura 16 – imagem apêndice J – Março 2021

RM – 11/03/2021 – foto 13 – Vista de topo execução camada de base avenida central



Fonte: os Autores (2021)

Na figura 17, a imagem registra atividade para rede coletora de esgoto.

Figura 17 – imagem apêndice E – Outubro 2020

RM – 16/10/2020 – foto 07 – Vista execução MND



Fonte: os Autores (2021)

Nas figuras 18 e 19, são imagens que registram a evolução do loteamento.

Figura 18 – imagem apêndice A – Junho 2020

RM – 20/06/2020 – foto 16 – Vista geral do empreendimento



Fonte: os Autores (2021)

Figura 19 – imagem apêndice M – Maio 2021

RM – 03/05/2021 – foto 23 – Vista geral do empreendimento



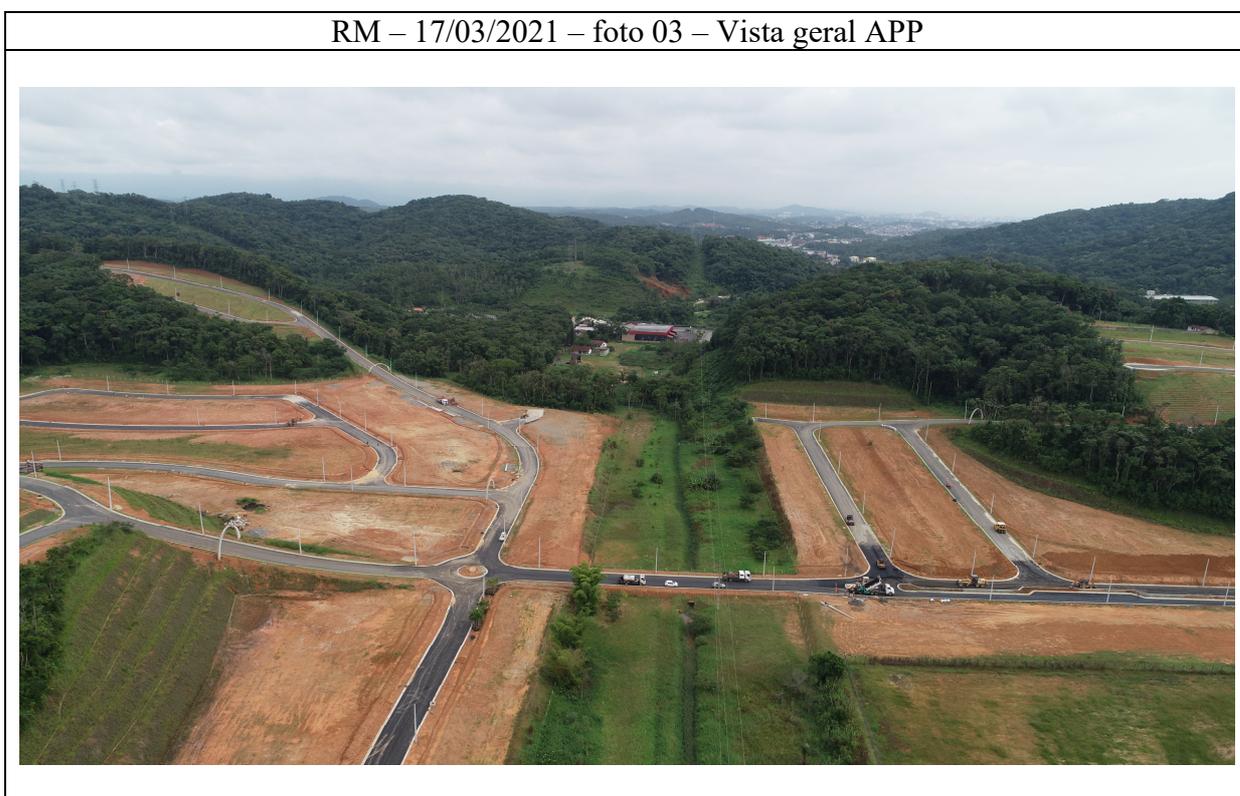
Fonte: os Autores (2021)

As imagens captadas com o drone durante as operações favorecem nas apresentações de relatórios por registrar dados que colaboram em medições de serviços de equipes de trabalho e/ou empresas terceirizadas, assim como no desenvolvimento de projetos de como construído, *As Built*.

Não somente o setor de engenharia se beneficia da versatilidade das imagens geradas com a utilização do drone, como também por exemplo, os setores comercial e marketing pois, as possibilidades em explorar as imagens com vistas panorâmicas se verificam pertinentes. Na figura 20, imagem de apoio ao setor de meio ambiente.

Figura 20 – imagem apêndice J – Março 2021

RM – 17/03/2021 – foto 03 – Vista geral APP



Fonte: os Autores (2021)

Dentre as vantagens identificadas, destacam-se a agilidade nos processos e consequente ganho de produtividade, relativa simplicidade na captação de imagens e vídeos, a qualidade das informações e dados gerados nas interpretações, e uma interação multidisciplinar que favorece o planejamento e gestão dos projetos.

Como desvantagens, as atividades com o drone dependem de condições meteorológicas favoráveis; a autonomia segura de voo por bateria que restringe o tempo efetivo para no máximo 20 minutos e, por mais que possa parecer um brinquedo, é prudente um prévio treinamento para realizar as operações com drone pois o uso inadequado pode recorrer a riscos e até causar acidentes.

Assim, os resultados obtidos neste estudo com as análises das imagens captadas com o drone no monitoramento das obras de infraestrutura do referido loteamento foram evidenciadas e comprovadas. Dessa forma, o drone demonstra ser uma ferramenta eficiente para coleta de dados e informações que permitem análises e avaliações qualitativas da obra, pois geram dados específicos e possibilitam tomadas de decisões diferenciadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de drones no âmbito da engenharia civil é uma realidade que se justifica como uma ferramenta de inovação alinhada com a crescente evolução tecnológica sinalizada pela Indústria 4.0, na Quarta Revolução Industrial.

Essa tecnologia está presente, além da construção civil, em diversos setores da nossa economia, como agricultura, logística, segurança, entretenimento, para citar apenas estes, e com expectativa de crescimento que gera necessidade de mão de obra devidamente qualificada.

A educação como agente transformador, proporciona o ambiente ideal para fomentar e gerar conhecimento que visam o desenvolvimento eficiente da sociedade. E nesse contexto, o estudo considera um aprofundamento no tema valendo-se da versatilidade proporcionada, como uma plataforma multidisciplinar, aplicada no ensino das mais variadas disciplinas do curso de engenharia civil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, pela dádiva da Vida e por estar presente em nossos corações nos guiando diante da jornada na busca do saber.

Agradecemos aos nossos pais, família e amigos, pelos incontáveis momentos de apoio, cumplicidade e paciência.

Agradecemos com carinho aos mestres dessa instituição que nos inspiram e solidificaram conceitos para uma vida.

Agradecemos ao Grupo Ábaco, por conceder às práticas de campo.

O sentimento é único e se define em Gratidão! Muito obrigado!

REFERÊNCIAS

A MODERNIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ATRAVÉS DA REVOLUÇÃO PRODUTIVA. **Mobuss Construção**, Blumenau, 2017. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/modernizacao-da-construcao/> Acesso em: 06 de março de 2021.

AERODRONEBRASIL. **Drones – A história por traz dessa nova era tecnológica**. 27 de setembro de 2017. Disponível em: <https://www.aerodronebrasil.com/2017/09/27/drones-historia-por-traz-desta-nova-era-tecnologica/> Acesso em: 09 de outubro de 2020.

AERODRONEBRASIL. **Avaliação de malha asfáltica e estruturas de concreto com o uso de sensor térmico embarcado em drones**. 12 de dezembro de 2017. Disponível em: <https://www.aerodronebrasil.com/2017/12/15/uso-de-sensor-termico-para-rodovias-e-estruturas-de-concreto/> Acesso em: 15 de outubro de 2020.

AEROJR. **A história dos drones**. 06 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://aerojr.com/blog/drones-atraves-da-historia/> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro da aviação Civil Especial (RBAC-E nº94)**. Brasília, DF: 2017. Disponível em : <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94> Acesso em: 26 de setembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Saiba como funciona o processo de homologação de drones**. Brasil, 2020. Disponível em : <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/saiba-como-funciona-o-processo-de-homologacao>. Acesso em: 27 de setembro de 2020.

BORGES, Rodrigo Cella & SILVA, Sávio Torres da. **Usos de Drones em Estudos Ambientais**. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande/MS: 2018-2. [On Line]. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Savio_Torres_Da_Silva/publication/330834388_USOS_DE_DRONES_EM_ESTUDOS_AMBIENTAIS/links/5c561a4892851c22a3a4b516/USOS-DE-DRONES-EM-ESTUDOS-AMBIENTAIS.pdf origin=profileFeaturedResearchPublicationItem Acesso em 09 de setembro de 2020.

COSTANOBREENGENHARIA. **E-book Vantagens do trabalho com o drone para a engenharia**. Disponível em: <https://costanobreengenharia.com.br/wp-content/uploads/2020/08/E-book-Vantagens-do-Trabalho-com-o-Drone-para-Engenharia-Costanobre-Engenharia.pdf> Acesso em: 07 de outubro de 2020.

DALMOLIN, J. A. **Avaliação do uso da fotogrametria digital em levantamentos topográficos**: UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina: Joinville, 2018.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro (ICA 100-40)**. Brasil, 2020. Disponível em : <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=5250> Acesso em: 26 de setembro de 2020.

DRONEVISUAL. **Conheça as melhores câmeras termais para drone**. 25 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.dronevisual.com/post/melhores-cameras-termiais-drone>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

ESPAÇODODRONE. **Como drone funciona? Descubra tudo agora!** Disponível em: <https://espacododrone.com.br/como-drone-funciona/> Acesso em: 11 de outubro de 2020.

FALORCA, J. G. F., LANZINHA, J. C. G. **A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios – Revisão e ensaio de campo**. UBI - Universidade da Beira Interior: Portugal, 2018.

FERREIRA, João Vitor de Souza. **Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ITARC. **História dos drones: como surgiram? Para que servem?** 04 de março de 2018. Disponível em: <https://itarc.org/historia-dos-drones/> Acesso em: 09 de outubro de 2020.

ITARC. **Como usar drones na engenharia civil?** 04 de outubro de 2018. Disponível em: <https://itarc.org/drones-na-eng-civil/> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

JUNIOR, J. A. P. **Aplicação do drone na engenharia de agrimensura e para o georreferenciamento de imóveis rurais: abordagem histórico legal no Brasil**: UFAL - Universidade Federal de Alagoas: Rio Largo, 2019.

LEMOS, B. M.; CARVALHO, C. V. A.; JÚNIOR, A. S. R; RIBEIRO., B. N.M. **Uma experiência na utilização de uma aeronave remotamente pilotada para apoio ao ensino e projetos de engenharia civil** : Brazilian Technology Symposium. Curitiba: CEETPS, 2019.

LOCH, C., LAPOLLI, E. M. **Elementos básicos de fotogrametria e sua utilização prática**. 4º ed. Florianópolis, 1998 Editora da UFSC.

MAPLY. **Procedimentos de segurança**. Disponível em: <https://docs.maply.io/drones-voo/seguranca>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

MATTOS, A. D. **Como a utilização de drones na construção civil te ajuda**. Buildin – Construção & Informação. 05 de maio de 2019 Disponível em: <https://www.buildin.com.br/utilizacao-de-drones-na-construcao-civil>. Acesso em: 19 de outubro de 2020.

MELO, R. R. S. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obras por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)**. UFB – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

MINUCIO, L. F. **O que os drones podem fazer na engenharia?** Disponível em: <https://futuriste.com.br/blog/drones-na-engenharia/> 1998. Editora da UFSC.

MORGENTHAL, G., HALLERMANN, N. **Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures**. Institute of Structural Engineering, Bauhaus-Universität Weimar, Weimar, Germany, 2014.

MUNARETTO, Luiz. **VANT e DRONES**. São Paulo: Edição independente, 2015.

OLIVEIRA, N. M.; ESPINDOLA, C. R. **Trabalhos acadêmicos: recomendações práticas**. São Paulo: CEETPS, 2003.

PECHARROMAN, J., VEIGA, R. **Estudo sobre a indústria brasileira e europeia de veículos aéreos não tripulados**. Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil, Brasil, 2017.

PEGORARO, J. P. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PHANTOM 4 PRO. **Manual do usuário V1.2**. DJI, julho 2017.

RODRIGUES, D. A. **Topografia por drone**. DroneShow – Apresentação em PowerPoint, 207 slides, Setembro 2020.

SCHREIBER, L., OSTIARI, E. **Game of drones: do civilian applications harbour opportunities for sustainable development?** Mirova Responsible Investing. Paris/FR: mai. 2014. [On Line]. Disponível em: . Acesso em: 24 de outubro 2020.

SILVA, D. Q. **Viabilidade e acurácia de VANT para o monitoramento costeiro tridimensional**. UFP – Universidade Federal de Pernambuco: Recife, 2018.

TULLIO, F. B. M. **Impacto das tecnologias na construção civil 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

TESTONI, Leandro Eduardo. **As principais aplicações do uso de VANT em processo construtivo**. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, FURB. Blumenau/SC: 2018-1. Disponível em: <https://bu.furb.br/docs/MO/2018/364575_1_1.pdf> Acesso em: 27 out. 2020.

VIEIRA G. H., BUENO S. **ARPS e suas aplicações na Engenharia Civil**. Ignis | Caçador | v.8 | n.3 | p. 64-79 | set./dez. 2019.