


APLICAÇÃO DE DRONES NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA ACOMPANHAMENTO FÍSICO DE OBRAS

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-118>

Data de submissão: 11/01/2025

Data de publicação: 11/02/2025

Viviane Evangelista Cassimiro

Engenheira civil

E-mail: Vivianne.cassimiro346@gmail.com

Caio Vinicius Silva Batista de Alencar

Engenheiro civil

E-mail: Batista.apasil@gmail.com

Gabriel da Silva Barbosa

Engenheiro Civil

E-mail: gabrielsbarbosa@outlook.com.br

Moacir Porto Ferreira

Engenharia Civil

Doutor em Administração.

E-mail: moacir.ferreira@poli.ufrj.br

Pedro Augusto Fernandes Ferreira

Engenheiro Civil

E-mail: pedroaugusto_ff@hotmail.com

RESUMO

O trabalho aborda o uso de drones na construção civil, focando no acompanhamento físico de obras e na detecção de patologias estruturais. O estudo apresenta as vantagens dos drones, como a redução de custos, maior eficiência e segurança em inspeções de áreas de difícil acesso. Com o uso de sensores avançados e câmeras de alta resolução, drones oferecem uma alternativa mais rápida e precisa às técnicas tradicionais de monitoramento e inspeção. A pesquisa inclui a análise comparativa entre o uso de drones e o método convencional com andaimes, destacando os benefícios econômicos e operacionais, contando com estudo de caso, referente a um prédio na Zona Oeste do Rio de Janeiro para exemplificar a aplicação prática dos drones em campo.

Palavras-chave: Construção Civil. Patologia. Controle de Obras. Drone.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil desempenha um papel essencial no desenvolvimento urbano e na melhoria da qualidade de vida, mas ainda enfrenta desafios significativos na adoção de tecnologias avançadas. Embora tenha havido progressos na substituição do trabalho braçal por maquinários em algumas atividades, muitos processos ainda dependem de métodos manuais, o que limita a produtividade e impacta pilares essenciais de qualquer projeto: prazo, custo, qualidade e segurança (Leite et al., 2021; Gonçalves, 2020). Esses desafios reforçam a necessidade de soluções que otimizem os recursos e aumentem a eficiência operacional. O uso de drones tem ganhado popularidade recentemente, devido a sua versatilidade, estes vem sendo empregados em diferentes áreas. O termo drone é um termo genérico para descrever uma aeronave não tripulada, que pode ser autônoma ou pilotada remotamente por seres humanos.

A busca por inovações que integrem e potencializem esses pilares de forma simultânea tem levado ao uso crescente de drones na construção civil. Embora inventados há mais de um século, os drones inicialmente tinham aplicações restritas ao contexto militar. Somente nos anos 1960, com a introdução ao mercado civil, seu potencial começou a ser explorado em áreas como agricultura, logística e, mais recentemente, engenharia civil (Campos et al., 2019). Atualmente, os drones são amplamente reconhecidos por sua capacidade de melhorar processos e reduzir custos, especialmente em tarefas críticas como levantamento topográfico, monitoramento de obras e inspeções prediais (Zitzmann, 2022; Chiminelli et al., 2023).

Na construção civil, os drones têm se destacado como ferramentas estratégicas para inspeções de fachadas e análise de patologias. Essas tecnologias permitem alcançar locais de difícil acesso, reduzir o tempo de execução das tarefas e melhorar a segurança dos trabalhadores ao eliminar a necessidade de andaimes e equipamentos de altura (Melo, 2016; CPETecnologia, 2023). Além disso, a precisão dos dados capturados por drones tem superado métodos tradicionais, como estações totais e levantamentos manuais, com ganhos em produtividade e qualidade (Campos et al., 2019; Obras10, 2024).

No entanto, apesar de seus benefícios, o uso de drones ainda não é amplamente difundido no setor, muitas vezes devido à falta de conhecimento técnico e à necessidade de conformidade com regulamentações específicas, como a RBAC-E nº 94 da ANAC (2017). Este trabalho busca explorar como os drones podem transformar a gestão e execução de obras na construção civil, abordando suas aplicações práticas, benefícios econômicos, operacionais, com foco em acompanhamento de obras e identificação de patologias. Torna-se mais necessário as inovações, porque a indústria da construção civil é caracterizada por possuir mão-de-obra com baixo nível de escolaridade, processos produtivos

arcaicos, alta rotatividade e elevados riscos à saúde do trabalhador (Awwad; El Souki; Jabbour, 2016; Costa, 2010).

Autores como Hee-Wook, Hyung-Jin e Sung-Keun (2023) destacam que a utilização de drones na engenharia civil cria uma era de eficiência, precisão e segurança ao longo das várias fases dos projetos de construção. Uma aplicação interessante no âmbito da engenharia civil é a utilização de drones para realizar acompanhamento de obras, isso possibilita uma melhor análise das condições necessárias para a infraestrutura. Como pode ser visto na figura 01, podendo ser utilizados para realizar a inspeção das construções em andamento, sem a necessidade da presença de pessoas no local, o que acaba sendo importante para garantir a segurança dos trabalhadores e possibilita economizar tempo de trabalho. Isso os torna indispensáveis para projetos de construção, onde a segurança e a precisão são fundamentais. A partir da análise das imagens captadas pelo drone, é possível detectar possíveis falhas estruturais e outros efeitos adversos como as brocas em estruturas.

Figura 01: Utilização do Drone na Construção Civil



Fonte: SIENGE (2022)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A baixa produtividade da construção civil em comparação a outros setores econômicos é um problema recorrente, frequentemente atribuído à resistência à adoção de novas tecnologias (Nascimento; Denadai, 2021). Com a introdução dos drones, essa situação começa a mudar, especialmente no que se refere ao monitoramento de obras e à inspeção de patologias estruturais. Drones equipados com sensores GNSS e RTK, por exemplo, permitem o mapeamento e diagnóstico precisos, com a geração de modelos tridimensionais de alta resolução, reduzindo o tempo e o custo das inspeções (Santos et al., 2022).

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL

No âmbito da construção civil, a inovação tecnológica tem sido um divisor de águas para superar desafios tradicionais. Tecnologias como drones e modelagem 3D têm acelerado processos antes realizados de forma manual, muitas vezes suscetíveis a erros e demorados (Morgenthau e Hallermann, 2014). Isso é essencial para o planejamento de obras, contribuindo para minimizar desvios de cronograma e aumentar a segurança no canteiro.

A construção civil é historicamente reconhecida como um setor estratégico para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, enfrenta desafios críticos relacionados à produtividade, eficiência e modernização tecnológica. Estudos como os de Mattos (2018) indicam que, enquanto indústrias como a automotiva e a eletrônica evoluíram significativamente em termos de automação, a construção civil ainda depende em grande parte de métodos convencionais. Essa dependência afeta negativamente a capacidade do setor de atender demandas crescentes de infraestrutura e habitação.

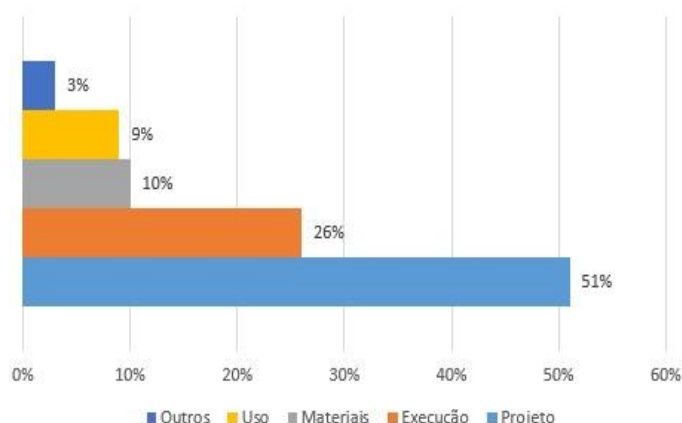
Outro ponto relevante é o impacto das tecnologias no tripé prazo, custo e qualidade. Esse cenário é especialmente importante em um setor que historicamente apresenta baixos índices de produtividade em relação a outros ramos da indústria.

2.2 PATOLOGIAS ESTRUTURAIS: DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES

As patologias estruturais, quando não detectadas precocemente, podem comprometer a segurança e a durabilidade das construções. Segundo Medeiros et al. (2018), as principais patologias encontradas em edificações são fissuras, infiltrações e deslocamentos, que muitas vezes ocorrem devido a falhas de execução ou ao uso de materiais inadequados. A detecção precoce dessas anomalias é crucial.

Segundo Albuquerque (2015), as principais causas de patologias encontradas em obras de edificação são a deficiência na concepção do projeto, a baixa qualidade/defeito dos materiais empregados, as falhas de execução e a utilização das estruturas (manutenção). O desenvolvimento do processo construtivo pode ser categorizado em três fases distintas: a fase de concepção do projeto, que abrange o planejamento, os cálculos, os desenhos e a seleção dos materiais necessários, seguida pela fase de execução, na qual as tarefas são realizadas conforme o cronograma estabelecido para a obra, e por fim, a fase de utilização, que requer o uso coerente e adequado do espaço conforme o que foi originalmente projetado. (Albuquerque E., 2015).

Gráfico 1: Causas de anomalias em edifícios



Fonte: Adaptado de COUTO, J., 2007, p.5.

A patologia estrutural é uma preocupação constante na engenharia civil, pois está associada à durabilidade e segurança das edificações. Entre as manifestações mais comuns estão fissuras, infiltrações e deslocamentos, que podem comprometer a funcionalidade e integridade das estruturas (Frazão et al., 2019), podendo ainda utilizar a termografia para detectar infiltrações, falhas no isolamento térmico e outras patologias ocultas. O diagnóstico precoce dessas patologias é essencial, mas métodos convencionais, como inspeções visuais, são limitados por dificuldades de acesso a locais elevados ou de difícil alcance.

As patologias estruturais, ou manifestações de falhas em edificações, são um problema recorrente na engenharia civil. Estas podem surgir devido a uma variedade de fatores, incluindo falhas no projeto, execução inadequada ou uso de materiais de baixa qualidade (Melo et al., 2017). As consequências dessas patologias podem variar de simples desconforto para os usuários, até o colapso estrutural, com implicações econômicas e sociais significativas.

Figura 02: Quadro das patologias

Termos	Definição	Patologia das construções	Patologia médica
Manifestações patológicas	São os problemas visíveis ou observáveis, indicativos de falhas do comportamento	Fissuras, trincas, machamentos, deformações, mofo	Dor de cabeça, enjoo, tontura normal
Fenômeno	É a raiz do problema, na qual se deve focar para a solução	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão
Inspeção	É o check-up, quando o patologo ou médico avalia o seu paciente, aprovando a condição ou solicitando novos exames ou ensaios	Avaliar a estrutura regularmente ou quando houver um fato extraordinário de interesse	Avaliar a pessoa para saber a condição atual de saúde
Anamnese	É o estudo dos antecedentes, nessa etapa, deve-se escutar dos usuários e pacientes o que estão sentindo	Conversa com síndico e moradores antigos, análise de projeto, verificação do estado dos prédios vizinhos	Análise de histórico do paciente e dos familiares, verificação de exames anteriores
Ensaio não destrutivo	São ensaios/exames que não danificam o paciente	Esclerometria, pacometria, ultrassom	Medição de pressão e febre, ultrassom
Ensaio semidestruído	São ensaios/exames que causam pequeno dano ao paciente	Extração de corpos de prova, pull-out	Biópsia, exame de sangue
Diagnóstico	É a explicitação e o esclarecimento das origens, mecanismos, sintomas e agentes causadores do fenômeno ou problema patológico	Corrosão, eflorescência, recalque	Câncer, depressão
Profilaxia	São as medidas preventivas para que o problema não ocorra	Manter cobertura correto das armaduras, fazer uso adequado da construção, manter a pintura da fachada íntegra	Escovar os dentes cinco vezes ao dia, manter uma alimentação saudável, praticar exercícios
Prognóstico	É a análise da progressão da enfermidade, se nada for feito para erradicá-la	Aumento da fissuração, deformação excessiva, colapso	Perda da visão, expansão do câncer para outros órgãos, morte
Terapia	São as medidas para neutralizar o fenômeno devolvendo o desempenho ou a qualidade de vida ao paciente. É o estudo das intervenções corretivas viáveis	Refazer elemento corroído com proteção da armadura, retirar sobrecarga, reforçar estrutura	Quimioterapia, remédios, praticar esportes

Fonte: Adaptado pelo autor de Patologia e estruturas.

Através de um estudo realizado por Batista, Augusto, Evangelista (2023), ao qual, aborda patologias, possíveis causas, grau de agressividade e tendência de agravamento com o tempo, apresentadas em um determinado empreendimento, localizado na Barra da Tijuca. Tais anomalias podem se desenvolver dependendo da forma que foi executada a obra ou ações decorrentes do tempo sem haver qualquer manutenção para evitar o surgimento. Podendo ser exposto os seguintes casos mencionados como rachaduras e trincas, que embora possam ser confundidas, os mesmos apresentam diferentes tamanhos. A trinca, ocorre quando esta abertura aumenta (entre 1 e 3 mm) a ponto de dividir a estrutura, como as paredes, em duas partes distintas. Já as rachaduras são caracterizadas por aberturas (acima de 3 mm) através das quais podem passar o vento e a água das chuvas, por exemplo, podendo ser vistas nas imagens a seguir:

Figura 03: Exemplo de trinca



Fonte: Imagem do autor

Figura 04: Exemplo de rachaduras



Fonte: Imagem do autor

Ainda de acordo com Batista, Augusto, Evangelista (2023), a imagem encontrada em outra região, ilustra uma anomalia construtiva e exógena. A patologia se apresenta como uma rachadura, que foi criada, pois provavelmente o chapisco colante utilizado no fundo da viga tenha expirado sua vida útil, ou até mesmo sido realizado de forma imprópria, fazendo com que o emboço perca a aderência e se descole da superfície e ainda a falta de impermeabilização, sendo assim aconselhado escarear a região para esclarecer se não há outro fator, retirar emboço existente, subcamada de chapisco cola e refazer procedimento.

2.3 CONTROLE DE OBRAS

O controle de obras é outro ponto crítico na construção civil, que envolve a gestão integrada de prazos, custos e qualidade. A falta de ferramentas adequadas para monitoramento contribui para atrasos, aumentos de orçamento e baixa eficiência. Apesar da importância do controle de obras, o mesmo, é frequentemente prejudicado por falhas de comunicação e falta de ferramentas precisas para monitoramento. Segundo Mattos (2018), essas limitações são uma das principais causas de atrasos e estouros de orçamento em projetos de grande porte.

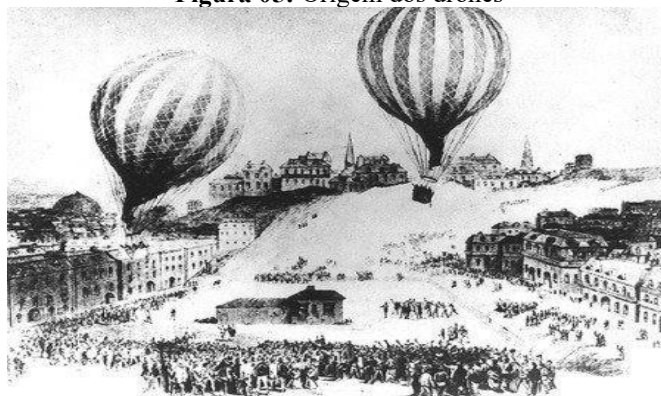
A construção civil é um setor historicamente associado a altos índices de desperdício e ineficiência. Dados apontam que atrasos, estouros de orçamento e falhas de qualidade são recorrentes em muitos projetos. Esses problemas geralmente decorrem de um planejamento inadequado ou de um controle falho durante a execução da obra. Segundo Alencar e Mello (2020, p. 35), o controle eficaz de obras “depende de uma integração entre ferramentas tecnológicas, processos bem definidos e capacitação dos profissionais envolvidos”.

O acompanhamento de prazos envolve, também, a análise crítica do cronograma. Para assegurar que as atividades estão sendo concluídas dentro do prazo, gestores devem realizar revisões periódicas e, quando necessário, readequar os recursos ou equipes. Segundo estudos de Martins (2023, p.67), a “revisão constante do cronograma, associada à análise de desempenho dos recursos, é crucial para evitar gargalos e garantir a fluidez da execução”.

2.4 INTEGRAÇÃO DOS DRONES NA ENGENHARIA CIVIL

De acordo com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA (2023), o termo "drone" é usado de maneira informal e popular para se referir a equipamentos que podem ser operados à distância. Drone, que em português se traduz como "zangão", originou-se do tipo de ruído que esses aparelhos costumam emitir durante o voo, semelhante ao som produzido por um zangão.

Figura 05: Origem dos drones



Fonte: Energia Inteligente (2016)

Os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), surgiram inicialmente com objetivos militares, mas, ao longo das últimas décadas, expandiram-se para diversos setores, como agricultura, construção civil e entretenimento. A popularização dessa tecnologia foi impulsionada pelo desenvolvimento de sistemas de navegação por GPS e pela miniaturização de componentes eletrônicos, o que permitiu a fabricação de drones menores e mais acessíveis para o uso civil (Santos; Lima, 2018).

No contexto militar, o uso de drones remonta à Primeira Guerra Mundial, quando eram utilizados para missões de reconhecimento e espionagem. No entanto, foi somente a partir dos anos 1990 que os drones começaram a desempenhar papéis mais ativos, com o desenvolvimento de modelos equipados com armamentos e câmeras de alta resolução (Almeida et al., 2019). Esse avanço tecnológico foi fundamental para expandir as possibilidades de aplicação dos drones em setores não militares.

Por fim, o surgimento de drones revolucionou a maneira como diversas indústrias realizam tarefas anteriormente complexas ou inviáveis. Seu impacto continua a crescer à medida que novas aplicações são desenvolvidas, especialmente com o uso de inteligência artificial e sensores avançados que permitem o monitoramento em tempo real e a execução autônoma de diversas atividades (Rocha, 2021).

Hoje em dia, os drones tem muitas funções, desde atividades mais cotidianas como o monitoramento das mudanças climáticas, assim como atividades de resgate pós-desastres, fotografias, filmagens, entrega de produtos, inspeções, dentre outros (Imperial War Museum, S/d). Em 19 de dezembro de 1986, o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) deixa previsto no artigo 106 da Lei nº 7.565 que a definição de aeronave é:

Considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas (BRASIL, 1986).

É necessário frisar que a ANAC, em conjunto com o DECEA e a ANATEL, regula o uso de drones no Brasil. A Resolução 451/2017 define classes de drones e restrições operacionais, como a proibição de voos acima de 400 pés sem licenças específicas (Anac, 2017).

Figura 06: Quadro “Resumo da 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 ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações 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 órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

Fonte: Anac (2017)

De acordo com a publicação do IBAPE/SP - Inspeção Predial: A Saúde dos Edifícios (2015), a maioria (66%) dos acidentes em edifícios com mais de 30 anos está relacionado as deficiências na manutenção, perda prematura de desempenho ou deterioração significativa, enquanto apenas 34% têm causas ligadas a defeitos construtivos ou anomalias internas.

Gráfico 2: Inspeção Predial: A Saúde dos Edifícios (2015)



Fonte: IBAPE-SP (2015)

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDO DE CASO

Yin (2016) afirma que através do estudo de caso é possível a compreensão de fenômenos sociais complexos, já que ele nos permite uma visão global das principais características do evento, o que se trata de técnica pertinente quando as principais questões da pesquisa tratam de fatos

contemporâneos. Corroborando com a técnica de estudo de caso, Rodrigues (2005) expõe que o estudo de caso, como estratégia de pesquisa, é a melhor adequação para coletar e analisar as provas empíricas desejadas. Segundo as tipologias aplicadas ao trabalho, quanto a sua abordagem, a pesquisa pode ser considerada predominantemente qualitativa, uma vez que se caracteriza pela não utilização de instrumentos estatísticos (Pereira et al., 2017). O caso estudado nesse trabalho, foi referente a uma verificação em forma de vídeos e fotos da fachada de um prédio de 18 andares em fase de construção contando com três torres, localizado na zona oeste do Rio de Janeiro.

No estudo de caso, será feito um passo a passo para realização do serviço com a utilização de um drone, desde a escolha do equipamento adequado e sua aquisição, planejamento da operação e a execução levando em consideração os momentos de pré-realização, dia do voo e o pós-operação. Durante o estudo, também será feita uma breve análise das imagens dos tipos de patologias encontradas na fachada. Com o compilado de informações, será feita uma breve análise do método e serão feitas comparações com o método tradicional conhecido atualmente. Os drones são equipamentos que podem ser considerados caros para se adquirir, entretanto, a construtora em questão, verificou o modelo e marca que melhor se adequaria para realizar operações de acompanhamento da obra no geral, podendo ser extraída o máximo de atividade realizada.

O equipamento escolhido foi o DJI MINI 4 PRO, devido a identidade do serviço a ser executado, que solicitava um equipamento que conseguisse fazer voos com estabilidade, realizar pouso e decolagem sem precisar de longas áreas e conseguir se movimentar verticalmente com facilidade.

Figura 07: Drone DJI MINI 4 PRO

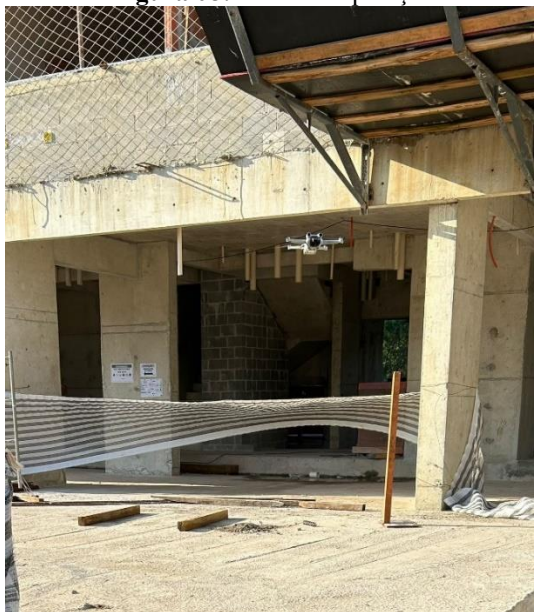


Fonte: Site DJI

Segundo o site oficial do drone: o valor total do drone, 2 conjuntos de baterias e controle fica no valor aproximado de R\$12.299,00. De acordo com a regulamentação da Anac, o RPA foi classificado como de classe 3 devido ao peso de voo. Através dessa classificação foram conhecidas as

regulamentações necessárias para o tipo de operação. A licença e habilitação do piloto não se fazia necessária pelo fato do voo não ultrapassar os 400 pés de altitude.

Figura 08: Início da operação



Fonte: Imagem do autor

A baixa no custo do serviço não se dá somente pelo tempo de execução. Um fator que barateia o serviço é a mão de obra. Para os casos de trabalho em altura, o profissional precisa ser capacitado. O profissional, muitas vezes, tem certificados da NR35, NR18 e IRATA. Com base em pesquisas realizadas no mercado, o custo de um profissional desse se torna muito alto, podendo variar entre R\$400 e R\$600 reais a diária. Já para pilotar um drone, não existe nenhum treinamento específico ou certificado que seja requerido no Brasil. No estudo em questão, o aparelho foi manuseado por um estagiário. Dessa forma, o custo da mão de obra para o serviço se torna inferior ao do método tradicional, não havendo, às vezes, necessidade da contratação de um piloto especializado para o serviço, já que a empresa é dona do equipamento e foram repassadas instruções para realizar o serviço de forma adequada.

Inicialmente foi criado um *checklist* antes de iniciar a decolagem, onde se baseia na preparação do equipamento, ao qual o drone é retirado da caixa, é realizada a checagem dos itens presentes, em seguida, foi ligado o controle remoto, realizada a checagem do nível de cargas das baterias, conectado juntamente ao celular e logo após, o controle e o drone foram ligados para se certificar que tudo estava funcionando. A troca de bateria não foi necessária, visto que, com o tempo de apenas uma bateria, o serviço já estava concluído. O início do voo se deu no período da manhã e teve duração de 28 minutos.

Durante o serviço, foram capturadas fotografias em alta resolução e obtidos vídeos para exibição da patologia.

Figura 09: Captura das imagens



Fonte: Imagem do autor

Figuras 10 e 11: Patologias encontradas



Fonte: Imagens do autor

Figura 12: Patologia registrada



Fonte: Imagem do autor

Figura 13: Patologia verificada



Fonte: Imagem do autor

Ao terminar a captura das imagens, o drone foi pousado em um local seguro e foi verificado se o objeto obteve algum tipo de avaria, aonde foi identificado que o mesmo estava em ótimo estado. Ao finalizar a operação, as imagens foram passadas para os engenheiros responsáveis pela construção para verificar a gravidade e opções de solucionar a patologia existente. Foi verificado que era necessário escarear a parte que apresentava as brocas e em seguida, a estrutura foi grauteada, o serviço demorou cerca de 4 meses para ser finalizado, pois a patologia se apresentou por diversas áreas da estrutura.

3.2 COMPARAÇÃO DE MÉTODOS

Quando comparados com os métodos tradicionais de inspeção, como a utilização de andaimes ou plataformas elevatórias, os drones oferecem vantagens significativas. Segundo Gheisari et al. (2020), a inspeção com drones reduz em até 40% os custos operacionais, pois elimina a necessidade de montar estruturas temporárias para acesso a locais elevados. Em termos de eficiência, drones permitem realizar inspeções de grandes áreas em uma fração do tempo necessário para os métodos convencionais.

Zhou et al. (2021) mostraram que drones podem realizar inspeções de fachadas em até 30 minutos, enquanto o mesmo serviço realizado com andaimes pode levar dias ou semanas, dependendo da extensão do edifício. Em contrapartida, a utilização dos drones para inspeções é limitada caso ocorra a necessidade de verificação entre prédios bastante próximos da estrutura em questão, o que não ocorre pelo método tradicional. Foi elaborada uma comparação entre a utilização do drone para inspecionar a fachada do prédio e a montagem de um andaime para a verificação da possível patologia, abordado no estudo de caso, através de pesquisas e cotação via telefone.

Figura 14: Quadro comparativo entre drones e andaimes

COMPARAÇÃO		
EQUIPAMENTO	DRONES	ANDAIMES
CUSTO	Custeado pela construtora	R\$ 450 (Diária do equipamento)+ R\$ 765 (Montagem e desmontagem) + R\$ 1.400 (Frete)
EXECUÇÃO DO SERVIÇO	28 Minutos	1 HORA (Em média com o equipamento montado)
TEMPO DE MONTAGEM	3 Minutos	DE 1 A 3 DIAS (Podendo variar por conta da quantidade e posicionamento)
SEGURANÇA	Reduz o risco de acidentes, eliminando o trabalho em altura	O operário tem que possuir treinamentos
METODOLOGIA	Sobrevoar e realizar registros	Operar o equipamento e realizar reparos
MÃO DE OBRA	1 ESTAGIÁRIA	2 OPERADORES (Mínimo)
VALOR DE MÃO DE OBRA (DIÁRIA)	R\$ 55,44 (Aproximadamente)	R\$ 800 (R\$ 400,00 x 2 operarios)

Fonte: Planilha elaborada pelo autor baseada em pesquisas

4 CONCLUSÃO

A incorporação de drones na construção civil representa uma inovação essencial para superar os desafios enfrentados por este setor, como a baixa produtividade, o alto custo de operação e os riscos à segurança dos trabalhadores. Este trabalho demonstrou que o uso de veículos aéreos não tripulados proporciona benefícios claros em áreas críticas, como o diagnóstico de patologias estruturais, o controle de obras e o planejamento de projetos.

No contexto das patologias estruturais, a utilização de drones para inspeção de fachadas e telhados oferece uma abordagem mais eficiente, segura e econômica quando comparada aos métodos tradicionais, não apenas reduz o tempo necessário para as inspeções, mas também elimina a necessidade de andaimes ou plataformas elevatórias, minimizando os riscos associados ao trabalho em altura.

No controle de obras, essa tecnologia tem transformado a gestão de projetos ao fornecer dados em tempo real sobre o progresso das atividades. A captura de imagens aéreas permite identificar irregularidades e desvios do cronograma de forma eficiente, auxiliando os gestores na tomada de decisões.

Além disso, a capacidade dos (VANTs) de realizar medições volumétricas com alta precisão otimiza etapas como terraplenagem e movimentação de materiais, reduzindo desperdícios e maximizando os recursos disponíveis.

Essa transformação também resulta em maior segurança nos canteiros de obras, destacando o papel dos drones na prevenção de acidentes. Os avanços tecnológicos e o crescente interesse no uso de drones indicam um caminho promissor para sua aplicação em larga escala na construção civil.

Conclui-se que o mesmo não apenas oferece soluções práticas para problemas históricos do setor, mas também estabelece novos padrões de eficiência e segurança.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. *Patologias em Estruturas de Concreto Armado*. 2015. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ALENCAR, L. S.; MELLO, F. F. Integração de Tecnologias no Controle de Obras. *Revista de Engenharia Civil*, v. 45, n. 3, p. 30-38, 2020.
- AWWAD, R.; EL SOUKI, O.; JABBOUR, C. Construction safety practices and challenges in a Middle Eastern developing country. *Safety Science*, v. 83, p. 1-11, 2016.
- BATISTA, C.; AUGUSTO, P.; EVANGELISTA, V. *Estudo de Patologias em Estruturas de Concreto na Barra da Tijuca*. Rio de Janeiro, 2023.
- BRASIL. Constituição (1986). *Decreto de Lei nº 7565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe Sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- CAMPOS, J. et al. *Estudo comparativo de levantamentos topográficos com drones*. INPE, 2019. Disponível em: <https://www.inpe.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- CPETecnologia. *Inspeção de obras com drones: aplicações na engenharia civil*. Blog CPETecnologia, 2023. Disponível em: <https://blog.cpetecnologia.com.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- COUTO, J. Patologias em Edifícios. *Revista de Construção Civil*, v. 7, p. 5, 2007.
- FRAZÃO, R. A. et al. Uso de drones para inspeção de patologias estruturais em edificações verticais. *Revista Engenharia & Tecnologia*, v. 15, n. 3, p. 51-64, 2019.
- GHEISARI, M.; WILLIAMS, G.; GU, Y. UAV Integration in Construction Safety Monitoring. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 146, n. 4, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001718](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001718).
- IBAPE/SP. *Inspeção Predial: A Saúde dos Edifícios*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo, 2015.
- LEITE, P. R. M.; GONÇALVES, L. C. Drones na Construção Civil: Impactos e Perspectivas. *Revista de Tecnologia Aplicada à Engenharia Civil*, v. 12, p. 45-50, 2021.
- MATTOS, A. D. Causas de fracasso na inovação na construção civil. *Revista Buildin*, 2018. Disponível em: <https://www.buildin.com.br>. Acesso em: 24 nov. 2024.
- MEDEIROS, J. C.; CAVALCANTI, R. M.; LOPES, F. C. Identificação e tratamento de patologias em estruturas de concreto armado. *Revista Engenharia de Estruturas*, v. 8, n. 2, p. 57-71, 2018.
- MELO, R. R. S. *Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obras por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

MORGENTHAU, W.; HALLERMANN, N. Utilização de drones na engenharia de obras. *Journal of Civil Engineering*, v. 14, p. 22-35, 2014.

NASCIMENTO, A. J.; DENADAI, M. S. Drone e a evolução na construção civil brasileira. *Revista Técnica de Engenharia*, v. 12, n. 4, p. 23-36, 2021.

ROCHA, V. A. Impacto dos Drones no Mercado Civil: Tendências Futuras. *Revista Brasileira de Tecnologia*, v. 7, n. 3, p. 50-58, 2021.

SANTOS, J.; SOUZA, L. A evolução dos drones na engenharia civil e suas aplicações práticas. *Revista Brasileira de Engenharia*, v. 20, n. 2, p. 77-89, 2022.

SIENGE. *Aplicações de Drones na Construção Civil*. Disponível em: <https://sienge.com.br>. Acesso em: 20 nov. 2024.

YIN, R. K. *Pesquisa Qualitativa: do início ao fim*. Porto Alegre: Penso, 2016.

ZITZMANN, L. A utilização de drones na construção civil e suas potencialidades. *Revista Técnica de Engenharia*, v. 18, n. 3, p. 45-62, 2020.