

APLICAÇÃO DE DRONES E IA PARA MONITORAMENTO DE OBRAS CIVIS: EFICIÊNCIA E INOVAÇÃO

APPLICATION OF DRONES AND AI FOR MONITORING CIVIL WORKS: EFFICIENCY AND INNOVATION

Ana Flávia Pontes Vieira

Doutora em Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Bauru, FIB, SP, Brasil,
e-mail: ana.pontes@fibbau.br

Caio Vinicius Barbosa de Souza

Graduado pelas Faculdades Integradas de Bauru, FIB, SP, Brasil.

Doutora em Arquitetura e Construção, Faculdades Integradas de Bauru, FIB, SP, Brasil,
e-mail: designcali@gmail.com

RESUMO

A construção civil tem passado por um processo de transformação impulsionado pela adoção de tecnologias que visam aumentar a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das obras. Neste cenário, o uso de drones se destaca como uma ferramenta inovadora no monitoramento de obras, possibilitando o acompanhamento em tempo real de diversas fases do empreendimento, desde a terraplanagem até a finalização. Este trabalho tem como objetivo demonstrar como a aplicação dos drones pode contribuir significativamente não apenas para o controle das etapas construtivas, mas para o monitoramento ambiental, com ênfase no gerenciamento do descarte de resíduos sólidos. Através de imagens aéreas, é possível mapear áreas de acúmulo de entulho, identificar descarte irregular e gerar relatórios visuais que auxiliam na tomada de decisões e no cumprimento das normas ambientais. A metodologia proposta integra o uso de drones em um fluxo de trabalho digital e inteligente, tornando a gestão da obra mais eficiente, sustentável e orientada por dados. Os resultados evidenciam que a tecnologia, quando bem aplicada, reduz custos, minimiza retrabalhos, melhora a comunicação entre equipes e contribui para uma construção civil mais responsável e comprometida com o meio ambiente.

Palavras-chave: Drones, Monitoramento de obras, Meio ambiente, Construção civil, segurança de obras.

ABSTRACT

The construction industry has been undergoing a transformation driven by the adoption of technologies aimed at increasing efficiency, safety, and sustainability on construction sites. In this context, the use of drones stands out as an innovative tool for site monitoring, enabling real-time tracking of various project phases, from earthmoving to final delivery. This study aims to demonstrate how drone applications can significantly contribute not only to the control of construction activities but also to environmental monitoring, with a focus on managing solid waste disposal. Through aerial imagery, it is possible to map waste accumulation areas, identify irregular disposal practices, and generate visual reports that support decision-making and compliance with environmental regulations. The proposed methodology integrates drone use into a digital and intelligent workflow, making project management more efficient, sustainable, and data driven. The results show that technology, when properly applied, reduces costs,

minimizes rework, improves team communication, and fosters a construction industry that is more environmentally responsible and committed to sustainability.

Keywords: Drones, Construction Monitoring, environmental, Civil Construction, Construction safety

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está em constante evolução, em busca de métodos mais eficientes, seguros e tecnológicos para otimizar processos e garantir a qualidade das edificações. Nesse contexto, objetiva-se entender e trabalhar com drones no monitoramento de obras, que surge como uma solução inovadora, permitindo um acompanhamento detalhado em tempo real, desde a terraplanagem até a entrega do empreendimento.

Além do controle das etapas construtivas, a tecnologia também se mostra promissora no monitoramento ambiental, especialmente no que se refere ao descarte adequado de resíduos sólidos gerados no canteiro de obras.

Com o crescente rigor das legislações ambientais e a demanda por construções mais sustentáveis, torna-se fundamental adotar práticas que garantam o gerenciamento correto dos resíduos. A utilização de drones possibilita a identificação de áreas de descarte irregular, o controle do volume de entulho acumulado, além da geração de registros visuais que facilitam auditorias e relatórios de conformidade ambiental.

A aplicação dos drones no monitoramento de obras permite o mapeamento topográfico preciso, o acompanhamento das fases construtivas, a detecção de não conformidades e a geração de relatórios visuais, reduzindo retrabalhos e melhorando a comunicação entre equipes. A metodologia desenvolvida neste trabalho propõe um fluxo de trabalho integrado, desde o planejamento inicial até a conclusão da obra, demonstrando como a tecnologia pode ser útil tanto para o avanço das etapas construtivas quanto para o controle ambiental. Com a adoção dessas ferramentas, é possível transformar a gestão da construção civil, tornando-a mais sustentável, orientada por dados, ágil e confiável.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Uma pequena demonstração da Construção Civil atual e seus Desafios

A construção civil desempenha um papel essencial no desenvolvimento urbano e econômico, contribuindo diretamente para a expansão da infraestrutura, geração de empregos e dinamização de diversos setores produtivos. Apesar dessa representatividade, o setor ainda enfrenta entraves persistentes relacionados à baixa produtividade, à ocorrência frequente de

retrabalhos e à dificuldade de padronização de processos. A simultaneidade de atividades em um mesmo canteiro, aliada à necessidade de controle rigoroso de custos e prazos, torna o gerenciamento das obras um desafio complexo e suscetível a falhas operacionais (Choi; Kim; Na, 2023).

Souza e Abiko (2019) relatam que as pesquisas brasileiras apontam a fragmentação dos processos e a ausência de métodos sistematizados de planejamento, como fatores que impactam negativamente o desempenho das obras, reduzindo sua eficiência global.

Outro aspecto crítico refere-se à segurança do trabalho, que historicamente Mohammed et al. (2021) relatam que o setor da construção civil apresenta índices elevados de acidentes, decorrentes, geralmente de atividades realizadas em altura, uso intensivo de máquinas e constante circulação de pessoas e materiais. As inspeções convencionais, que dependem da atuação presencial de equipes restritas e ocorrem de forma periódica, tendem a limitar a capacidade de identificação antecipada de situações inseguras. Nesse cenário, o emprego de tecnologias de monitoramento emerge como alternativa promissora para ampliar a vigilância e aprimorar as práticas de segurança no canteiro.

As pesquisas conduzidas no contexto brasileiro enfatizam que o uso de tecnologias digitais, como sensores, câmeras e sistemas automatizados, é capaz de reduzir a exposição dos trabalhadores a riscos e melhorar significativamente os indicadores de segurança (Medeiros; Pinheiro; Schramm, 2021).

De acordo com Barbosa (2021) e Pinto (2020) a construção civil é uma das atividades que mais geram resíduos sólidos no país, contribuindo para pressões sobre áreas urbanas e naturais devido ao descarte inadequado, ocupação irregular de espaços e degradação ambiental decorrente da execução das obras. Estudos nacionais demonstram que os Resíduos da Construção Civil (RCC) continuam sendo depositados de maneira irregular em diversas cidades brasileiras, o que intensifica problemas como assoreamento, contaminação de solo e impactos sobre áreas de preservação.

Nesse contexto, tecnologias capazes de registrar, mapear e fiscalizar áreas extensas e de difícil acesso, como drones e sistemas de geoprocessamento, tornam-se essenciais para promover uma gestão ambiental mais eficiente e alinhada às diretrizes de sustentabilidade da engenharia contemporânea (Silva; Fernandes, 2018).

2.2 Os Drones (VANTs) na Construção Civil: Potencial e Aplicações

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) deixaram de ser ferramentas de uso recreativo e passaram a ocupar espaço relevante em áreas técnicas, especialmente na engenharia civil. O avanço dos sensores em sistemas leva a melhoria da estabilização de voo e a popularização dos softwares de mapeamento transformaram esses equipamentos em instrumentos capazes de produzir levantamentos detalhados com rapidez e precisão. Porque hoje, os drones capturam imagens em alta resolução, geram ortomosaicos, realizam levantamentos topográficos e produzem nuvens de pontos compatíveis com softwares profissionais da engenharia (Choi; Kim; Na, 2023).

A integração com modelos digitais como o *Building Information Modeling* (BIM) fortalece sua aplicabilidade. Os estudos de Pravinbhai et al. (2024) apontam que, ao combinar drones com BIM, é possível atualizar modelos tridimensionais de forma contínua, identificar desvios entre o planejado e o executado e gerar relatórios automáticos de conformidade, e essa combinação reduz a fragmentação dos processos e contribui para a formação de ambientes colaborativos de trabalho.

Com a maior acessibilidade dos equipamentos, empresas de diferentes portes passaram a adotar drones para finalidades diversas — desde inspeções simples até análises complexas de topografia e acompanhamento de grandes obras públicas. Essa democratização da tecnologia favorece o crescimento da Construção 4.0, que se sustenta na digitalização e automação dos processos (Gracioso et al., 2024).

Uma das principais aplicações dos drones é o monitoramento do avanço físico da obra, por meio da fotogrametria, pois é possível gerar modelos topográficos periódicos que evidenciam o progresso das etapas construtivas.

A comparação entre levantamentos realizados em diferentes datas permite identificar atrasos, avaliar a produtividade das equipes e corrigir desvios antes que comprometam o cronograma global (Bhise, 2024). Esse monitoramento contínuo oferece uma visão sistêmica da obra, superando limitações das inspeções tradicionais.

Além do monitoramento visual, os drones exercem papel decisivo no cálculo volumétrico de materiais. Em alguns estudos verifica-se que o monitoramento visual gera uma estimativa de redução de tempo e de custo, podendo entender que as obras que envolvem movimentação de terra, a medição precisa dos volumes de corte e aterro precisa de planejamento logístico e conferência contratual. Por isso, pesquisas recentes confirmam que levantamentos aéreos apresentam acurácia superior em muitos casos e reduzem

significativamente o tempo de medição quando comparados aos métodos topográficos convencionais (*Journal of Advanced Research in Construction & Urban Architecture*, 2024).

Sabe-se que uma das principais fontes de aumento dos custos em obras brasileiras, são o uso de drones para controle de materiais que contribui na redução do desperdício, pois a visualização constante de pilhas de insumos, estoques e movimentação de maquinário possibilita organizar melhor os fluxos logísticos e diminuir o retrabalho.

A inspeção de segurança é uma das áreas em que os drones mais se destacam, por reduzir a necessidade de acesso humano em locais perigosos, como coberturas, estruturas elevadas ou áreas com risco de desmoronamento. De acordo com Gracioso et al. (2024) os VANTs contribuem diretamente na diminuição dos acidentes, levando a segurança ampliada não comprometendo a qualidade, porque os drones capturam imagens detalhadas que permitem identificar fissuras, desalinhamentos, infiltrações e outras anomalias estruturais.

Os sensores especiais, como as câmeras térmicas que ampliam a capacidade de inspeção, levam a identificação de irregularidades térmicas que podem mostrar falhas em sistemas elétricos, sobrecarga estrutural ou presença de umidade. Assim, a tecnologia se estende para além das inspeções visuais, oferecendo suporte técnico mais abrangente.

A documentação produzida durante as inspeções tem valor significativo para auditorias, certificações e comprovação de conformidade com normas técnicas. Empresas que demandam rastreabilidade e registros confiáveis encontram nos drones uma solução eficiente para manter um repositório atualizado da obra, facilitando processos de fiscalização e tomada de decisão.

2.3 A Inteligência Artificial (IA) Aplicada a Imagens de Drones

A união entre drones e Inteligência Artificial representa um salto tecnológico importante para o setor de construção civil. Por meio dos algoritmos de visão computacional, as imagens capturadas podem ser analisadas automaticamente para identificar riscos à segurança, como trabalhadores sem equipamentos de proteção, circulação inadequada de máquinas ou ocupação de áreas interditadas. Esse tipo de automação reduz a dependência de inspeções exclusivamente humanas, tornando os processos mais rápidos e precisos (Mohammed et al., 2024).

De acordo com os mesmos autores, a inteligência artificial - IA também pode auxiliar na detecção de falhas construtivas e algoritmos podem identificar trincas, deslocamentos ou materiais mal posicionados, fornecendo relatórios detalhados em tempo reduzido. Esse processo minimiza a probabilidade de erros passarem despercebidos e, consequentemente, reduz retrabalhos.

Eles relatam outro benefício, a capacidade de organizar grandes volumes de dados, em grandes obras, como muitas imagens coletadas por drones, que pode tornar inviável uma análise manual. Logo, a IA filtra e prioriza informações relevantes, oferecendo ao gestor somente dados críticos para a tomada de decisão.

Segundo Mohammed et al. (2024) o aprendizado de máquina permite analisar tendências e antecipar problemas, que com base em dados históricos captados pelos drones, os algoritmos podem prever atrasos, identificar padrões de desperdício de materiais e sinalizar áreas mais propensas a acidentes e essa capacidade preditiva transforma o monitoramento de obras em uma ferramenta estratégica para o planejamento.

A predição se estende ao monitoramento ambiental em obras localizadas em áreas sensíveis. Assim os algoritmos podem identificar alterações no solo, invasão de zonas protegidas ou acúmulo irregular de RCC, auxiliando na fiscalização. Logo, esse acompanhamento contínuo reduz a probabilidade de infrações ambientais e facilita a adoção de medidas preventivas.

Além disso, os modelos podem ser aprimorados ao longo do tempo à medida que novas imagens são analisadas, os algoritmos ampliam sua base de conhecimento e passam a operar com maior assertividade.

A integração entre IA, drones e BIM eleva a gestão da obra a um novo patamar. Ao comparar automaticamente os modelos capturados com drones com o BIM, é possível atualizar o modelo executado quase em tempo real. Essa integração reduz divergências entre projeto e obra, permitindo intervenções mais rápidas e assertivas (Pravinbhai et al., 2024).

As automações geradas por essa colaboração incluem relatórios automáticos de progresso, análises volumétricas atualizadas e identificação de etapas concluídas. Tudo isso reduz o trabalho manual e centraliza a informação em plataformas digitais, favorecendo a transparência e o controle.

Essa sinergia tecnológica representa um dos pilares da Construção 4.0, que baseia sua evolução na incorporação de sensores, conectividade e inteligência artificial aos processos construtivos.

2.4 Os Benefícios para Eficiência, Segurança e Sustentabilidade

A incorporação de drones e IA contribui diretamente para o aumento da eficiência na construção civil. A capacidade de realizar inspeções rápidas, capturar grandes áreas em curto tempo e gerar análises automáticas reduz o tempo de tomada de decisão e melhora o controle

dos processos. Empresas relatam reduções expressivas em retrabalhos, erros de execução e desperdício de materiais (Mohammed et al., 2024).

Pravinbhai et al. (2024) relatam que do ponto de vista econômico, o monitoramento aéreo permite estimativas mais precisas de quantitativos e uso de materiais, diminuindo custos excessivos e otimizando o fluxo financeiro. Em obras que envolvem movimentação de solo, por exemplo, o controle volumétrico preciso evita divergências contratuais e minimiza prejuízos.

Outro benefício segundo Mohammed et al. (2024) é a redução do tempo gasto em atividades administrativas. Ao automatizar relatórios, inspeções e análises visuais, as equipes podem se concentrar em atividades estratégicas, melhorando a produtividade geral.

Segundo Gracioso et al. (2024) o uso de drones reduz a necessidade de deslocamento humano para áreas de risco, contribuindo para a queda dos índices de acidentes. Locais de difícil acesso ou que apresentam condições perigosas podem ser inspecionados sem exposição direta dos trabalhadores, preservando a integridade física das equipes.

Os autores complementam que a IA implementa esse processo ao identificar automaticamente situações inseguras captadas nas imagens aéreas. Alertas gerados com base em detecção automática de riscos permitem intervenções rápidas e eficazes, tornando o ambiente mais seguro. Empresas que adotaram esse tipo de tecnologia reportam melhoria na cultura de segurança e aumento significativo na conformidade operacional. Além disso, as imagens captadas podem ser utilizadas em treinamentos de prevenção de acidentes, servindo como material didático real para instrução das equipes.

2.5 Impacto ambiental e gestão de resíduos

A sustentabilidade é um dos pilares contemporâneos da construção civil, e os drones desempenham papel fundamental nesse contexto. Ao permitir mapeamento detalhado das áreas, eles identificam pontos de descarte irregular de RCC, áreas degradadas e movimentações indevidas no terreno. Essa capacidade amplia o controle ambiental e auxilia empresas a manterem conformidade com legislações (Barbosa, 2021).

O monitoramento aéreo também reduz desperdícios, pois permite fiscalizar estoques, controlar o uso dos materiais e melhorar o planejamento logístico, diminuindo sobras e descartes desnecessários. Isso reduz impactos ambientais e melhora a eficiência do empreendimento.

Além disso, drones e IA contribuem para o acompanhamento de áreas protegidas e zonas frágeis, evitando danos inadvertidos ao entorno da obra. Esse controle contínuo fortalece a responsabilidade ambiental e favorece certificações de sustentabilidade.

2.6 Os Desafios, as Limitações e as Barreiras para a Adoção

Embora os benefícios sejam amplamente documentados, algumas barreiras ainda restringem a adoção de drones no setor. A legislação brasileira, por exemplo, exige certificações e autorizações específicas para voos em áreas urbanas, o que demanda capacitação técnica e formação adequada dos operadores. Essa burocracia, embora importante para a segurança do espaço aéreo, pode dificultar implementações rápidas (*Discover Applied Sciences*, 2025).

O custo inicial representa entraves para pequenas e médias empresas, pois além da aquisição dos equipamentos, é necessário investir em softwares especializados, treinamentos e manutenção. Contudo, Assim, Shadan e Ahmad (2025) relatam que alguns estudos indicam que o retorno sobre investimento tende a ser rápido quando os drones são utilizados de forma sistemática e integrada à gestão da obra.

Outro grande desafio é o processo de capacitação de equipes para operar drones e interpretar corretamente os dados gerados. Logo, a ausência de qualificação adequada pode comprometer os resultados e dificultar a consolidação da tecnologia no canteiro.

A coleta constante de imagens implica lidar com grande volume de dados e questões relacionadas à privacidade. É necessário estabelecer políticas claras sobre como as informações serão armazenadas, por quanto tempo permanecerão disponíveis e quem terá acesso a elas. O uso inadequado pode gerar conflitos internos e violações legais (Mohammed et al., 2024).

Além disso, a infraestrutura digital necessária para processar e armazenar essas informações pode representar novo investimento para as empresas. Sistemas robustos e seguros são essenciais para garantir que os dados capturados estejam protegidos contra perdas ou acessos indevidos.

A dependência crescente de sistemas digitais também impõe necessidade de manutenção contínua, atualização de softwares e planos de contingência para falhas técnicas.

Embora os modelos de IA apresentem avanços significativos, ainda existem limitações relacionadas à precisão em condições adversas. Fatores como iluminação inadequada, poeira, chuva e sombras podem prejudicar a interpretação automática das imagens. Isso exige calibração constante e, em muitos casos, validação humana para garantir a confiabilidade dos resultados (Mohammed et al., 2024).

A IA também é sensível à qualidade dos dados de treinamento. Caso o conjunto de imagens utilizado no desenvolvimento dos algoritmos não represente adequadamente a diversidade de cenários encontrados nas obras, os modelos podem apresentar vieses e diminuir sua assertividade.

Algumas detecções, como fissuras pequenas ou elementos parcialmente obstruídos podem representar desafios para os algoritmos convencionais, exigindo tecnologias mais avançadas e sensores complementares.

A incorporação de drones e IA no canteiro demanda mudanças estruturais nas rotinas de trabalho. Muitas empresas possuem processos tradicionais e podem apresentar resistência inicial à adoção de novas tecnologias. A transição exige planejamento, comunicação interna e estratégias de mudança cultural.

Além disso, alguns softwares antigos de gestão de obras, podem dificultar a implantação da tecnologia. Logo, para aproveitar o potencial dos drones, é necessário investir em interoperabilidade e padronização dos dados de acordo com (Pravinbhai et al., 2024).

A definição de responsabilidades, protocolos e fluxos de informação também é fundamental. Sem diretrizes claras, as tecnologias podem ser subutilizadas, reduzindo seu impacto no desempenho da obra.

Diante do contexto exposto nos itens anteriores, este trabalho propõe um estudo de caso desenvolvido a partir do monitoramento real de uma obra residencial horizontal, comparando um fluxo de trabalho integrado a partir do uso de drone, em relação ao processo convencional de fiscalização, com o objetivo de demonstrar os benefícios a longo prazo, como redução de custos operacionais e melhoria na segurança e qualidades de execução, além das dificuldades observadas na implantação do novo método de trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa foi feita sobre referências bibliográficas de artigos, teses e estudos de mercado e desenvolvido em um estudo de caso no uso de um drone para conferências e acompanhamento diário de uma obra, compondo parte do processo fiscalização da obra e acompanhamento ambiental, proporcionando uma visão mais ampla e mais rápida em comparação ao processo convencional, executado por um fiscal percorrendo todo o trecho e realizando inspeção visual.

O modelo e as especificações completas do drone utilizado estão apresentados na Figura 1. Já a Figura 2, apresenta as fotos do equipamento utilizado.

A obra acompanhada fica no município de Piratininga/SP e contempla residências terreas unifamiliares construídas em lotes de aproximadamente 160m². No total estão sendo construídas 835 casas, divididas em duas fases, com dois módulos cada:

- Fase 1: com 447 casas, divididas módulo 1 e módulo 2;
- Fase 2: com 388 casas, divididas em módulo 1 e módulo 2.

As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, a vista aérea ilustrativa da obra monitorada e a tipologia construída.

O monitoramento, objeto da pesquisa, teve início no dia 11 de abril de 2025. Foram coletadas imagens aéreas e vídeos para usar como referência da evolução gradativa da obra. O percurso base foi definido de acordo com o caminho que seria feito por um fiscal em processo convencional e inspeção visual.

O monitoramento do trajeto foi realizado utilizando o aplicativo Strava, que registra deslocamentos por GPS em STRAVA (2024), que grava o tempo e o percurso realizado. Assim, foi possível comparar os fatores distância e tempo de percurso dos processos de monitoramento com drone e convencional.

Figura 1 – Especificações do Drone utilizado na pesquisa

Peso de decolagem	Aprox. 135 g
Dimensões	130×157×48,5 mm (C×L×A)
Velocidade máx. de ascensão	0,5 m/s (Modo Cine) 2 m/s (Modo Normal) 3 m/s (Modo Esportivo)
Velocidade máx. de descensão	0,5 m/s (Modo Cine) 2 m/s (Modo Normal) 2 m/s (Modo Esportivo)
Velocidade máx. horizontal (ao nível do mar, sem vento)	6 m/s (Modo Normal) 8 m/s (Modo Esportivo) 16 m/s (Modo Manual)
Altitude máx. de decolagem	2000 m
Tempo máx. de voo	Aprox. 18 min. (aprox. 17 min. com os Protetores de hélices)* Cada bateria permite que o drone execute ao menos 20 decolagens e poucos na palma da mão para gravações consecutivas**
Duração máx. de voo estacionário	Aprox. 18 min. (aprox. 17 min. com os Protetores de hélices)
Distância máx. de voo	7 km
Resistência máx. ao vento	8 m/s (nível 4)
Temperatura de funcionamento	-10° a 40 °C
Sistema global de navegação por satélite (GNSS)	GPS + Galileo + BeiDou
Alcance de precisão em voo estacionário	Vertical: ±0,1 m (com posicionamento visual) ±0,5 m (com posicionamento por GNSS) Horizontal: ±0,3 m (com posicionamento visual) ±1,5 m (com posicionamento por GNSS)
Armazenamento interno	22 GB
Classe	C0 (UE)

Fonte: DJI Neo (2025)

Figura 2 – Imagens do Drone utilizado na pesquisa



Fonte: Acervo dos Autores (2025)

Figura 3 – Vista aérea ilustrativa da obra monitorada



Fonte: Acervo da construtora responsável, 2025

Figura 4 – Tipologia residencial da obra



Fonte: Acervo da construtora responsável, 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado, o monitoramento da obra teve início no dia 11 de abril de 2025. O percurso base foi estabelecido e o trajeto foi registrado por meio do aplicativo STRAVA, conforme mostra a Figura 5, resultando em uma distância total de 4,07 km e um tempo total de caminhada do agente de fiscalização de 1 hora e trinta minutos. O percurso base corresponde ao módulo 1 da obra monitorada.

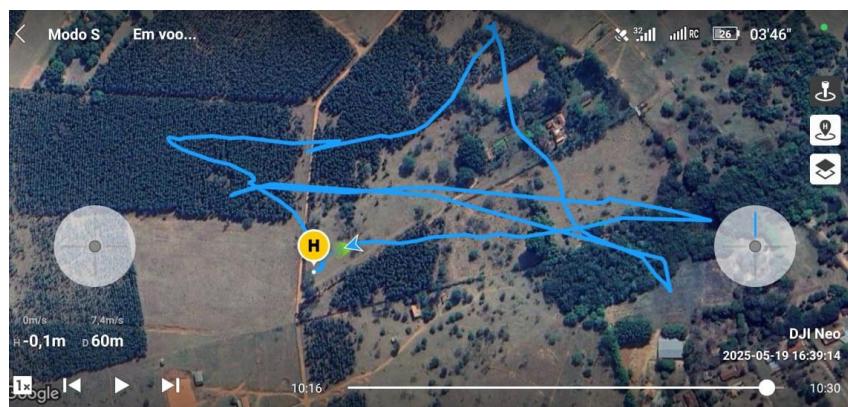
Figura 5 – Percurso base de fiscalização da obra realizado no processo convencional



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

O mapeamento aéreo foi realizado por meio das imagens de satélite e dos registros automáticos fornecidos pelo software da empresa fabricante do drone utilizado no experimento. O sistema registra de forma contínua toda a trajetória percorrida pelo equipamento durante cada voo, permitindo a visualização precisa do trajeto, da altitude atingida e da extensão total monitorada. A elevação proporcionada pelo drone possibilitou o mapeamento integral das áreas correspondentes ao Módulo 1 e ao Módulo 2 da obra (ver Figura 6), em um único voo com duração aproximada de 15 minutos, que corresponde ao limite operacional da bateria principal utilizada durante os testes.

Figura 6 – Trajetória percorrida pelo drone na fiscalização dos Módulos 1 e 2 da obra



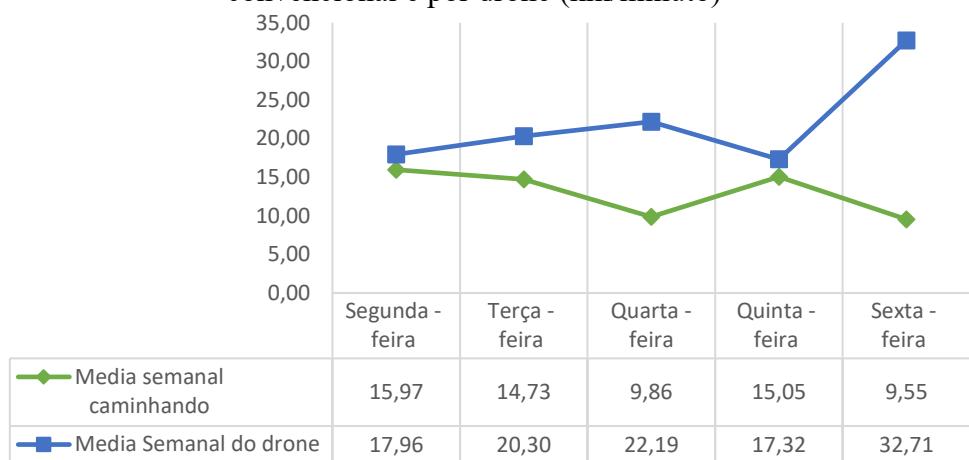
Fonte: Acervo dos Autores, 2025

O equipamento dispõe de três baterias, sendo cada uma capaz de fornecer cerca de 15 minutos adicionais de autonomia. Assim, uma bateria é utilizada em voo, outra permanece em processo de recarga, permitindo a alternância contínua entre os componentes energéticos. Essa

estratégia viabiliza uma operação sustentada e praticamente ininterrupta, ampliando o tempo total de monitoramento e elevando a eficiência do processo de coleta de dados.

Ao longo de um mês de experimentos, foram registradas todas as rotas percorridas tanto pelo drone quanto pelo deslocamento realizado a pé pelo pesquisador. A partir desses dados, foi possível calcular a média semanal de quilometragem monitorada para cada dia da semana. Com base nessas informações, elaborou-se um gráfico comparativo (ver Figura 7) que demonstra de forma objetiva a diferença entre o deslocamento humano no canteiro e a eficiência operacional obtida com o uso do drone em km/minutos de monitoramento. Os resultados evidenciam a superioridade da tecnologia aérea no tocante à cobertura espacial e à otimização do tempo de inspeção.

Figura 7 – Gráfico comparativos dos levantamentos de obra pelos processos de fiscalização convencional e por drone (km/minuto)



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2025

Além do ganho expressivo de produtividade, o uso do drone contribui significativamente para a fiscalização de áreas que, tradicionalmente, demandariam acesso por meio de escadas, plataformas ou outros dispositivos que implicam riscos adicionais. Em atividades realizadas sobre a laje, por exemplo, é obrigatório o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), incluindo o sistema de linha de vida, destinado aos colaboradores autorizados a executar serviços em altura. No entanto, profissionais que não possuem autorização ou não dispõem dos EPIs adequados não poderiam acessar esses locais para fins de verificação técnica. Nesse contexto, o drone se torna uma ferramenta estratégica, permitindo a observação detalhada dos serviços a partir de um ponto seguro, sem a necessidade de exposição a condições potencialmente perigosas. Essa possibilidade amplia a efetividade do processo de inspeção e contribui para a redução de acidentes.

A Figura 8 exemplifica a contribuição do drone na detecção de uma falha na concretagem da laje de uma das unidades construídas, enquanto a Figura 9 mostra o apoio na conferência da correção da falha. A Figura 10 mostra funcionário sem o uso adequado do EPI.

Figura 8 – Imagem aérea por drone com diagnóstico de falha de concretagem da laje da unidade.



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

Figura 9 – Fiscalização da correção da falha de concretagem por imagem aérea obtida por drone



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

Figura 10 – Imagem aérea por drone com diagnóstico de falha de concretagem da laje da unidade.



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

O equipamento também se mostrou eficaz para identificar inconsistências no alinhamento de telhados (Figura 11), estruturas superiores e demais componentes instalados na cobertura da edificação. Da mesma forma, foi possível acompanhar a montagem do kit hidráulico posicionado acima da laje, verificando sua conformidade com o projeto executivo. Em ambos os casos, o uso do drone aumentou significativamente a agilidade das inspeções e reduziu a necessidade de deslocamento físico do fiscal até áreas de difícil acesso.

Figura 11 – Fiscalização do posicionamento dos caibros e itens relacionados a estrutura metálica



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

Outro aspecto relevante observado no estudo refere-se ao suporte ambiental proporcionado pelo monitoramento aéreo. Em auditorias conduzidas por equipes de engenharia ambiental, é comum a utilização de drones institucionais para fiscalizar áreas sensíveis. Porém, a presença de um drone integrado permanentemente ao canteiro permite antecipar irregularidades e corrigir problemas antes da chegada das equipes fiscalizadoras externas.

Durante o período de monitoramento, o equipamento foi utilizado para identificar trechos onde taludes avançavam sobre áreas de mata nativa, possibilitando a instalação preventiva de contenções com manta geotêxtil (Figura 11).

Figura 12 – Fiscalização semanal da lagoa de tratamento de efluentes da obra



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

O drone facilitou o controle do descarte de resíduos, como entulhos e concreto, além de auxiliar no posicionamento estratégico de caçambas e pontos de apoio logístico, otimizando o uso do espaço e reduzindo impactos ambientais. A Figura 12 mostra o acompanhamento semanal da lagoa de efluentes da obra.

Figura 13 – Fiscalização semanal da lagoa de tratamento de efluentes da obra



Fonte: Acervo dos Autores, 2025

Apesar dos benefícios, verificou-se que a operação do drone demanda tempo de aprendizado, especialmente porque se trata de um equipamento de valor elevado e que requer manuseio cuidadoso. Após alguns meses de prática e monitoramento contínuo, foi possível registrar uma grande quantidade de imagens da evolução da obra, sem provocar interferências na fauna e na flora do entorno. O uso do drone permitiu acompanhar situações como riscos de contaminação do solo por resíduos de concreto ou lama proveniente da perfuração de poço artesiano, gerando um acervo visual robusto e tecnicamente relevante. Esses registros contribuíram para uma compreensão mais ampla das dinâmicas do canteiro, favorecendo ações preventivas e corretivas de forma antecipada.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os resultados obtidos reforçam que o emprego de drones na construção civil representa um avanço significativo para o setor, mas envolve responsabilidades operacionais e ambientais. Embora o uso dessa tecnologia não seja tão justificável em pequenas construções, sua aplicação torna-se especialmente vantajosa em obras de grande porte, como condomínios, edifícios comerciais, rodovias ou loteamentos extensos, como o caso estudado, que envolve a implantação de um novo bairro. A ferramenta permitiu ao pesquisador identificar pontos críticos, antecipar falhas potenciais e aprimorar sua percepção sobre o funcionamento geral da obra.

No âmbito ambiental, o monitoramento aéreo mostrou-se particularmente eficiente. Com o uso do sistema de GPS do drone, foi possível registrar coordenadas precisas e localizar rapidamente áreas onde ocorriam processos inadequados, como lançamento irregular de água contaminada, avanço de material sobre áreas silvestres ou assoreamento próximo a corpos d'água. Dessa forma, eventuais danos ambientais puderam ser identificados e tratados antes que assumissem caráter irreversível.

No campo da segurança do trabalho, ainda que o drone utilizado seja um modelo de entrada, sem recursos avançados de detecção automática, a indústria já dispõe de equipamentos capazes de identificar trabalhadores, diferenciar áreas por cores de uniformes, verificar o uso de EPIs e reconhecer veículos não autorizados ou inadequados para determinadas zonas da obra. Esses avanços demonstram o potencial de expansão da tecnologia e seu papel crescente na prevenção de acidentes e na promoção de ambientes laborais mais seguros.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, A. R.; SEOW, T. W. **The use of drone technology for project monitoring in construction sites.** Research in Management of Technology & Business, v. 4, n. 2, p. 495-506, 2023.
- ASIM, M.; SHADAN, M.; AHMAD, S. A. **Assessing the impact of drones on construction site monitoring and management.** Asian Journal of Advance Academic Research and Analysis, 2025.
- BARBOSA, S. M. **Análise da aplicação de VANT para identificação de resíduos da construção civil.** UFERSA, 2021.
- BHISE, G. S. **Construction monitoring and reporting using drones and unmanned aerial vehicles (UAVs).** IJRASET, 2024.
- CHOI, H.-W.; KIM, H.-J.; NA, W. S. **An overview of drone applications in the construction industry.** Drones, v. 7, n. 8, p. 515, 2023.
- DISCOVER APPLIED SCIENCES. **Factors hindering the use of unmanned aerial vehicles for construction project monitoring.** 2025.
- DJI Technology Co. Ltd. *Neo – Technical Specifications.* Disponível em: <https://www.dji.com/br/neo/specs>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- GRACIOSO, R. O.; LIMA, M. F. S.; GUIMARÃES, C. R. R.; OLIVEIRA, R. A. P. **A revolução dos drones na construção civil: potencializando a segurança em inspeções de obra.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 3, n. 3, 2024.
- JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH IN CONSTRUCTION & URBAN ARCHITECTURE. **BIM integrated drone technology for monitoring construction sites: case study at public buildings.** 2024.
- MEDEIROS, A. R.; PINHEIRO, A. C.; SCHRAMM, F. K. **Tecnologias digitais aplicadas à segurança do trabalho na construção civil: uma revisão integrativa.** Revista de Engenharia Civil IMED, v. 8, n. 2, p. 125–140, 2021.

MOHAMMED, A. R.; CHITTOJU, S. S. R.; AHMED, M. I.; KAMRAN, S. A. **Remote monitoring of construction sites using AI and drones**. IARJSET, 2024.

PINTO, T. P. **Gestão de resíduos da construção e demolição no Brasil: desafios e perspectivas**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 3, p. 457–468, 2020.

PRAVINBHAI, K. D. et al. **Drone technology in construction industry: applications, impacts and challenges**. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub*, 2024.

SILVA, R. F.; FERNANDES, A. L. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento ambiental na construção civil**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 70, n. 5, p. 1545–1562, 2018.

SOUZA, E. L.; ABIKO, A. K. **Produtividade na construção civil: análise de fatores críticos e boas práticas**. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*, São Paulo, 2019.

STRAVA, Inc. *Strava*. 2024. Disponível em: <https://www.strava.com>. Acesso em: 10 fev. 2025.