



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL

EMMANUEL DUARTE GUIMARÃES
THAMIRES APARECIDA SANTOS DE ALBUQUERQUE

**APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE
OBRAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

SÃO LUÍS - MA

2025

EMMANUEL DUARTE GUIMARÃES
THAMIRES APARECIDA SANTOS DE ALBUQUERQUE

**APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE
OBRAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de conclusão do curso apresentado
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil

Orientadora: Prof^ª. Dra Priscila Maria Sousa
Gonçalves Luz

SÃO LUÍS - MA

2025

EMMANUEL DUARTE GUIMARÃES
THAMIRES APARECIDA SANTOS DE ALBUQUERQUE

**APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE
OBRAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Aprovado em / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. (a) Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz

Prof. (a) Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida

Eng. Wesley Rodrigues de Menezes

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Guimarães, Emmanuel.

APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Emmanuel Guimarães, Thamires Albuquerque. - 2025.

44 p.

Orientador(a): Priscila Luz.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Ma, 2025.

1. Drones. 2. Construção Civil. 3. Planejamento. 4. Gerenciamento. 5. Inovação Tecnológica. I. Albuquerque, Thamires. II. Luz, Priscila. III. Título.

Albuquerque, Thamires.

APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO DE OBRAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA / Thamires Albuquerque, Emmanuel Guimarães. - 2025.

44 p.

Orientador(a): Priscila Luz.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - Ma, 2025.

1. Drones. 2. Construção Civil. 3. Planejamento. 4. Gerenciamento. 5. Inovação Tecnológica. I. Guimarães, Emmanuel. II. Luz, Priscila. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido força, sabedoria e serenidade ao longo de toda essa jornada. Sem Sua presença em minha vida, nada disso seria possível.

Agradeço à minha família, pelo amor incondicional, pelo apoio em todos os momentos e por acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Cada palavra de incentivo e cada gesto de carinho foram fundamentais para que eu não desistisse diante das dificuldades.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos mais desafiadores, oferecendo companhia, escuta e palavras de motivação. Obrigada por tornarem essa caminhada mais leve e significativa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

Thamires Albuquerque

AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui foi resultado de uma jornada repleta de aprendizados, desafios, dúvidas e superações. E nada disso teria sido possível sem o apoio, a presença e a fé de pessoas que caminharam ao meu lado.

Agradeço a Deus, por iluminar meus passos, me dar forças quando pensei em desistir e me lembrar, todos os dias, que cada esforço vale a pena.

À minha família, meu porto seguro, minha base e meu maior exemplo de amor. Obrigado por cada palavra de apoio, por cada gesto silencioso de cuidado e por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que eu vacilei.

Aos meus amigos, verdadeiros companheiros de estrada, minha gratidão pela leveza, pelas risadas, pelo apoio sincero nas horas difíceis e pela força que muitas vezes eu nem precisei pedir.

Aos professores e orientadores que contribuíram para minha formação, agradeço pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pela dedicação em cada etapa dessa trajetória.

A todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho — seja com uma conversa, um conselho ou uma palavra de incentivo — deixo aqui meu mais sincero agradecimento.

Cada um de vocês está, de alguma forma, presente em cada linha deste trabalho.

Emmanuel Guimarães

“A verdadeira motivação vem de realização, desenvolvimento pessoal, satisfação no trabalho e reconhecimento.” (Frederick Herzberg).

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

BIM - Building Information Modeling (Modelagem de Informações de Construção)

CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

LiDAR - Light Detection and Ranging (Detecção e Alcance de Luz)

LGPD - Lei Geral de Proteção de Dado

RBAC-E - Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial

SARP - Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas

VANTs - Veículos Aéreos Não Tripulados

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos.....	34
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre métodos tradicionais e drones.....	25
Tabela 2 - Comparativo de custo entre métodos tradicionais e drones	26
Tabela 3 - Comparativo de quantidade de dados visuais entre métodos tradicionais e drones	27
Tabela 4 - Checklist do Método PRISMA 2020.....	33
Tabela 5 - Estudos selecionados	35
Tabela 6 – Desempenho técnico do mapeamento com drone.....	36
Tabela 7 - Comparação entre drone e métodos convencionais (andaime/alpinismo) para inspeção de fachadas	37

RESUMO

A crescente demanda por eficiência, segurança e controle de custos na construção civil tem impulsionado a adoção de tecnologias inovadoras no planejamento e gerenciamento de obras. Entre essas inovações, destaca-se a utilização de drones, ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), que permitem o monitoramento em tempo real, a realização de levantamentos topográficos e inspeções estruturais com elevada precisão e agilidade. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre as aplicações dos drones na construção civil, com foco nas melhorias proporcionadas em termos de produtividade, qualidade e tomada de decisão. A metodologia adotada baseou-se no protocolo PRISMA 2020, que orientou a identificação, seleção e análise de artigos científicos publicados entre 2015 e 2025. Os resultados indicaram que os drones, quando integrados a ferramentas como BIM e softwares de mapeamento digital, contribuem significativamente para o controle do cronograma, redução de custos operacionais e aumento da segurança nos canteiros de obras. Conclui-se que, embora a tecnologia apresente inúmeras vantagens, sua plena implementação ainda exige investimentos em capacitação técnica, adequação à legislação vigente e superação de limitações operacionais e climáticas.

Palavras-chave: Drones; construção civil; planejamento; gerenciamento; inovação tecnológica.

ABSTRACT

The growing demand for efficiency, safety, and cost control in civil construction has driven the adoption of innovative technologies in project planning and management. Among these innovations, the use of drones—or Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)—stands out for enabling real-time monitoring, topographic surveys, and structural inspections with high precision and agility. This study aimed to conduct a bibliographic review on the applications of drones in civil construction, focusing on improvements in productivity, quality, and decision-making. The methodology was based on the PRISMA 2020 protocol, which guided the identification, selection, and analysis of scientific articles published between 2015 and 2025. The results indicated that drones, when integrated with tools such as BIM and digital mapping software, significantly contribute to schedule control, reduction of operational costs, and increased safety on construction sites. It is concluded that, despite the numerous advantages, the full implementation of this technology still requires investment in technical training, compliance with current legislation, and overcoming operational and weather-related limitations.

Keywords: Drones; civil construction; planning; management; technological innovation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	DEFINIÇÕES DE DRONES E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	16
2.2	INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E SUSTENTÁVEIS NO USO DE DRONES	19
2.3	APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
2.3.1	Funções operacionais dos drones na construção civil: aplicações práticas e especializadas	22
2.4	VANTAGENS E BENEFÍCIOS DOS DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.4.1	Monitoramento e Inspeção de Obras.....	24
2.4.2	Mapeamento e Levantamento Topográfico.....	24
2.4.3	Redução de Custos e Aumento da Eficiência.....	25
2.4.4	Documentação e Comunicação.....	26
2.4.5	Desafios e limitações no uso de drones na construção civil.....	27
2.5	LEGISLAÇÃO AO USO DE DRONES	28
2.5.1	Normas Técnicas e Orientações Específicas.....	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	ANÁLISE PRISMA.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos pilares fundamentais da economia global, desempenhando um papel vital no desenvolvimento urbano, infraestrutura e habitação. No entanto, ela enfrenta desafios significativos, como curto intervalo de tempo, orçamentos restritos e a necessidade de manter altos padrões de qualidade e segurança. Em meio a esse cenário, a busca por inovação e tecnologias disruptivas que possam otimizar processos e melhorar a eficiência se tornou uma prioridade para empresas e profissionais do setor (Azevedo *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a crescente adoção de drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), tem despertado grande interesse na indústria da construção civil. Os drones são dispositivos aéreos controlados remotamente, equipados com câmeras e sensores que permitem capturar dados precisos e realizar monitoramentos em tempo real de áreas extensas e de difícil acesso. Onde, a aplicação desses equipamentos no gerenciamento e planejamento de obras oferece uma variedade de benefícios como redução de custos, aumento da produtividade, melhoria na segurança, agilidade na tomada de decisões, precisão no mapeamento e controle de progresso da obra, desde a fase inicial do projeto até a sua fase final (Silva *et al.*, 2020).

Um desses benefícios é que os drones podem ser utilizados para realizar levantamentos topográficos detalhados do terreno, permitindo uma análise precisa do ambiente e facilitando o processo de planejamento e design. Durante a construção, os drones podem ser empregados para monitorar o progresso da obra, identificar potenciais problemas e desvios em relação ao cronograma e auxiliar na gestão de recursos, materiais e mão de obra (Zanchet *et al.*, 2021).

Os drones também têm se mostrado uma ferramenta valiosa para a inspeção de estruturas, possibilitando a identificação precoce de defeitos, falhas de segurança e necessidades de manutenção. Sua capacidade de sobrevoar áreas de difícil acesso e capturar imagens detalhadas em alta resolução torna-os ideais para a realização de inspeções visuais e térmicas de edifícios, pontes, túneis e outras infraestruturas (Moreira e Pires, 2019).

Assim, o uso de drones tem o potencial de revolucionar a forma como as obras são planejadas, executadas e monitoradas, oferecendo benefícios significativos em termos de eficiência, qualidade e segurança. No entanto, apesar do crescente interesse na aplicação dessa tecnologia, ainda há uma lacuna significativa no conhecimento sobre suas aplicações específicas no contexto da construção civil (Santos e Souza, 2022), sobretudo por questões relacionadas à regulamentação, privacidade, segurança e custo que ainda representam barreiras significativas para sua implementação em larga escala (Machado *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, este trabalho propõe uma revisão bibliográfica abrangente sobre a aplicação de drones no gerenciamento e planejamento de obras na construção civil. Por meio da análise de estudos, artigos e relatórios técnicos relevantes, buscamos explorar as vantagens oferecidas por essa tecnologia, bem como os desafios e oportunidades associados à sua utilização. Por meio desta revisão, espera-se fornecer uma visão abrangente sobre o estado atual da aplicação de drones na indústria da construção, identificando tendências, áreas de oportunidade e direcionamentos para pesquisas futuras. Acredita-se que este trabalho possa contribuir significativamente para o avanço do conhecimento nessa área e para a adoção mais ampla dessa tecnologia pelos profissionais e empresas do setor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de drones no planejamento e gerenciamento de obras, evidenciando as vantagens desse equipamento no que tange melhorias no controle de qualidade e organização de uma determinada obra.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender as definições, classificações e características técnicas dos drones mais utilizados na construção civil, analisando como essas especificações influenciam suas aplicações em campo.
- Investigar as principais formas de aplicação dos drones no planejamento e gerenciamento de obras, destacando sua integração com metodologias modernas como o BIM e softwares de mapeamento digital.
- Avaliar os benefícios e limitações do uso de drones na construção civil, considerando aspectos como produtividade, redução de custos, segurança, barreiras técnicas e operacionais.
- Estudar o arcabouço legal que regulamenta o uso de drones no Brasil, com foco nas diretrizes da ANAC, DECEA e LGPD, e discutir como essas normas impactam diretamente sua utilização em obras civis.
- Aplicar a metodologia PRISMA para sistematizar a seleção e análise da literatura técnica e científica, garantindo a confiabilidade e a qualidade dos dados utilizados nesta revisão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÕES DE DRONES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Os drones, tecnicamente conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), são equipamentos capazes de operar sem a necessidade de um piloto a bordo, sendo controlados remotamente por um operador ou, em muitos casos, programados para voar de forma autônoma. Inicialmente desenvolvidos para fins militares, os drones têm visto um aumento significativo de suas aplicações em setores civis, especialmente na construção civil. Nesse setor, eles têm desempenhado um papel fundamental na revolução tecnológica, oferecendo soluções rápidas, seguras e econômicas para o planejamento, monitoramento e execução de obras (Oliveira *et al.*, 2020).

Na construção civil, os drones são cada vez mais utilizados para realizar atividades como levantamento topográfico, mapeamento tridimensional, inspeção de estruturas e monitoramento de progresso das obras em tempo real. Isso se deve às suas capacidades tecnológicas avançadas e à facilidade de uso em ambientes complexos. Ao permitir que os gestores obtenham uma visão aérea detalhada e precisa do canteiro de obras, os drones ajudam a aumentar a eficiência e a precisão do planejamento, reduzir erros e mitigar riscos associados a acidentes de trabalho (Almeida *et al.*, 2022).

Na construção civil, a classificação dos drones é fundamental para escolher o equipamento mais adequado para diferentes tipos de projetos (ANAC, 2023). Os drones podem ser classificados de acordo com o seu peso máximo de decolagem, o que define sua aplicação, funcionalidades e capacidades de voo. Essa definição abrange desde pequenos modelos de uso recreativo até grandes veículos utilizados para fins industriais e militares. Dessa maneira, a classificação por Peso Máximo de Decolagem pode ser feita da seguinte maneira:

- Classe III - Drones com Peso Máximo de Decolagem igual ou Inferior a 25 kg

Esses drones são os mais comuns na construção civil devido à sua versatilidade e custo relativamente baixo. São amplamente utilizados para tarefas como inspeções visuais, mapeamento topográfico e monitoramento de obras. (Nogueira *et al.*, 2021).

- Classe II - Drones com Peso Máximo de Decolagem Entre 25 kg e 150 kg

Drones dessa classe são frequentemente empregados em projetos de construção civil de grande porte. Eles oferecem maior autonomia de voo e têm a capacidade de carregar uma gama mais ampla de sensores avançados, como sistemas de mapeamento 3D e câmeras multiespectrais. Esses drones são apropriados para obras maiores, como a construção de

estradas e pontes, proporcionando uma visão detalhada e eficiente do progresso da obra (Almeida, 2023). Segundo Almeida, os drones são úteis em obras lineares como rodovias e ferrovias, onde o acompanhamento do traçado, a medição de volumes e o controle de interferências com o ambiente natural são essenciais, além disso poderíamos ter essa visão detalhada e eficiente em obras de terraplanagem, que envolve o nivelamento e preparação do terreno para receber a estrutura. Nesse estágio, a utilização de drones com sensores avançados permite a geração de modelos digitais do terreno (DTM e DSM), facilitando o acompanhamento da movimentação de terra, a verificação de cortes e aterros e a detecção de desvios em relação ao projeto.

- Classe I - Drones com Peso Máximo de Decolagem Superior a 150 kg

Drones da Classe I são raramente utilizados em construção civil devido ao seu alto custo e complexidade operacional. No entanto, em projetos de infraestrutura de larga escala, como barragens e aeroportos, esses drones podem ser empregados para transportar grandes sensores e realizar levantamentos em áreas extensas. Sua capacidade de carga e autonomia são ideais para tarefas que exigem a coleta de dados em grandes volumes e de alta precisão (Silva e Oliveira, 2021).

Além da classificação por peso, os drones podem ser diferenciados com base no tipo de tecnologia de propulsão e no método de voo utilizado:

- Drones de Asa Fixa

Estes drones possuem uma estrutura semelhante a um avião e são mais eficientes para cobrir longas distâncias. São ideais para levantamentos topográficos em grandes áreas, proporcionando uma cobertura extensa com menor necessidade de reabastecimento (Faria, 2020).

- Drones Multirrotores

Com quatro, seis ou mais rotores, os drones multirrotores são amplamente utilizados na construção civil devido à sua versatilidade e capacidade de realizar voos estacionários. Esses drones são ideais para tarefas que exigem alta manobrabilidade e precisão nas inspeções de detalhes arquitetônicos, facilitando a captura de imagens estáticas e a realização de inspeções detalhadas em áreas menores e de difícil acesso (Silva e Souza, 2022).

É importante destacar que uma das características mais fundamentais dos drones é sua capacidade de serem operados remotamente. Utilizando controles sem fio, conectados via redes como Wi-Fi ou Bluetooth, os operadores podem dirigir o voo do drone para áreas específicas do canteiro de obras, coletando dados críticos para a gestão da construção. A operação remota

também oferece vantagens significativas em termos de segurança, pois elimina a necessidade de que os trabalhadores se desloquem a áreas perigosas para realizar inspeções. Essa característica torna os drones ideais para obras de infraestrutura de grande porte, como pontes e arranha-céus, onde a altura e o alcance dificultam o acesso direto (Silva e Santos, 2021). Segundo Silva e Santos um exemplo de dados críticos coletados por drones em obras é a detecção de fissuras e deslocamentos estruturais em elementos elevados, como em pilares ou tabuleiros de pontes. Utilizando câmeras de alta resolução e sensores térmicos, os drones conseguem identificar variações superficiais e pontos de calor que podem indicar falhas estruturais, permitindo intervenções preventivas.

Essas inspeções visuais automatizadas auxiliam na manutenção preditiva e no cumprimento de normas de segurança, além de reduzir o tempo de parada de obra e os custos com andaimes ou plataformas elevatórias.

Adicionalmente, muitos drones são capazes de realizar voos autônomos, seguindo rotas pré-definidas sem a necessidade de intervenção constante do operador. Isso se deve aos avanços nos sistemas de navegação, como GPS integrado, que permitem que o drone siga planos de voo previamente programados. A capacidade de voar autonomamente amplia a eficiência do trabalho, especialmente em áreas de grande extensão, onde seriam necessários mais tempo e mão de obra para realizar inspeções detalhadas (Ferreira, 2023). Além disso, a autonomia energética, resultante dos avanços em baterias de longa duração, garante que os drones possam cobrir grandes áreas sem a necessidade de recargas frequentes, aumentando a produtividade no monitoramento de obras (Fernandes *et al.*, 2021).

Outra característica essencial dos drones no contexto da construção civil é sua capacidade de voo estável. Em obras, as condições climáticas nem sempre são favoráveis, e a presença de ventos fortes, poeira e outros obstáculos podem interferir nas operações. Os drones, equipados com sistemas avançados de estabilização, conseguem manter a trajetória desejada mesmo em condições adversas, garantindo que as tarefas sejam realizadas com precisão. Entre essas tarefas, destacam-se a captura de imagens aéreas para fotogrametria, onde a sobreposição correta das imagens é indispensável para gerar ortofotos e modelos tridimensionais com alta acurácia; os levantamentos topográficos de alta resolução, especialmente em terrenos acidentados ou de difícil acesso; as inspeções visuais de fachadas, estruturas elevadas e coberturas, que demandam estabilidade para registrar detalhes como fissuras, falhas ou infiltrações; e o monitoramento contínuo do progresso da obra, com a coleta periódica de dados que permitem comparar o avanço físico com o cronograma previsto. Isso é especialmente

importante para a captura de dados, onde a qualidade das imagens ou dos levantamentos pode ser comprometida por movimentos bruscos ou desvios inesperados (Garcia, 2019).

A segurança de voo também é aprimorada com o uso de sensores anti-colisão, que evitam que o drone colida com estruturas, cabos ou outros obstáculos presentes no canteiro de obras. Esses sistemas garantem que, mesmo em ambientes densamente ocupados, como grandes construções urbanas, os drones possam operar com segurança e eficiência, minimizando o risco de acidentes (Moraes, 2021). Além disso, a presença de múltiplos rotores oferece redundância em caso de falha de algum dos componentes, o que aumenta a segurança durante o voo.

Além das classificações por peso, tipo de estrutura e tecnologia de voo, outra categorização importante para a operação de drones na construção civil refere-se às modalidades de operação visual, definidas como VLOS, EVLOS e BVLOS (ANAC, 2024).

- VLOS (Visual Line of Sight) refere-se ao voo em linha de visado visual direta, ou seja, o operador mantém contato visual contínuo com o drone durante toda a operação, sem auxílio de dispositivos ópticos ou eletrônicos. Essa é a forma mais comum de operação e normalmente envolve menores restrições regulatórias.
- EVLOS (Extended Visual Line of Sight) ocorre quando o drone ultrapassa a linha de visada do piloto, mas continua visível por meio de observadores auxiliares que mantêm contato visual direto com a aeronave e se comunicam com o operador. Essa modalidade permite ampliar o alcance da operação sem perder a segurança da supervisão visual.
- BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) é a operação além da linha de visada visual, onde o piloto não enxerga o drone diretamente e depende totalmente de sistemas automáticos de navegação e monitoramento. Esse tipo de operação oferece maior alcance e autonomia, mas exige uma série de requisitos regulatórios adicionais, como redundância de sistemas, autorização específica da autoridade aeronáutica, e controle rigoroso do espaço aéreo.

2.2 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E SUSTENTÁVEIS NO USO DE DRONES

Os drones utilizados na construção civil estão cada vez mais sofisticados em termos de equipamentos de captura de dados. Câmeras de alta resolução, sensores lidar, câmeras térmicas e sensores multiespectrais são algumas das ferramentas frequentemente acopladas a essas aeronaves. A combinação desses dispositivos permite uma análise completa e detalhada do canteiro de obras (Gonçalves *et al.*, 2022).

As câmeras de alta resolução, por exemplo, capturam imagens e vídeos com grande precisão, permitindo a criação de relatórios visuais do progresso da obra. Já os sensores lidar são fundamentais para o mapeamento tridimensional do terreno, sendo amplamente usados para gerar modelos digitais de elevação que auxiliam na fase de planejamento e nivelamento do solo (Almeida *et al.*, 2022). As câmeras térmicas, por sua vez, detectam variações de temperatura em superfícies, o que pode ser útil para a identificação de falhas em isolamento térmico ou a localização de pontos de sobreaquecimento em instalações elétricas (Moraes, 2021). Além disso o autor cita que a inspeção térmica na construção civil é vista como uma ferramenta cada vez mais estratégica para diagnóstico preventivo e manutenção preditiva de edificações e instalações. Por meio de câmeras térmicas acopladas a drones, é possível identificar falhas em sistemas de isolamento térmico, infiltrações não visíveis a olho nu, perdas de energia, além de pontos de sobreaquecimento em sistemas elétricos, que podem indicar riscos de curto-circuito ou incêndio.

Além disso, o uso de drones na coleta de dados geoespaciais permite que os gestores das obras tomem decisões mais informadas, baseadas em informações atualizadas e detalhadas. Esses dados podem ser integrados a softwares de modelagem 3D, como o Building Information Modeling (BIM), que se tornou uma ferramenta indispensável no gerenciamento de obras modernas. Essa integração otimiza o planejamento e reduz erros, gerando economia de tempo e recursos financeiros (Silva e Santos, 2021).

Além disso, os drones contribuem para a sustentabilidade no setor da construção. Ao reduzir a necessidade de deslocamentos físicos de trabalhadores e equipamentos pesados para a realização de inspeções e levantamentos, o uso de drones ajuda a diminuir a pegada de carbono da obra. O monitoramento preciso e frequente oferecido pelos drones também permite uma melhor gestão dos recursos, evitando desperdícios e garantindo que os materiais sejam usados de forma mais eficiente (Oliveira *et al.*, 2020).

2.3 APLICAÇÕES DE DRONES NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos últimos anos, o uso de drones tem se tornado cada vez mais prevalente no setor da construção civil, oferecendo uma gama de aplicações que transformam a forma como os projetos são gerenciados e executados. Estes veículos aéreos não tripulados, ou RPAs (Remotely Piloted Aircrafts), têm se mostrado ferramentas valiosas para melhorar a eficiência, precisão e segurança em diversas fases de projetos de construção. De acordo com diversos

estudos, os drones contribuem significativamente para o planejamento, monitoramento e controle de obras, permitindo uma análise detalhada e em tempo real das condições do site, entre elas, destaca-se a análise volumétrica de materiais, que permite calcular com precisão o volume de cortes e aterros no terreno, a verificação do alinhamento e nivelamento das estruturas em relação ao projeto original, e a comparação entre o avanço físico da obra e o cronograma planejado, por meio da geração de ortofotos e modelos 3D atualizados periodicamente. Além disso, drones permitem a detecção precoce de desvios construtivos, como deslocamentos de fundações ou deformações em estruturas, que podem ser cruciais para a tomada de decisões corretivas rápidas. (Martins e Almeida, 2022).

Essas análises em tempo real ajudam engenheiros e gestores a otimizar recursos, reduzir retrabalhos e garantir maior controle sobre o andamento da obra. (Martins e Almeida, 2022).

Os drones são utilizados para criar mapas e modelos tridimensionais detalhados do terreno, facilitando a análise topográfica e a criação de relatórios precisos sobre o andamento das obras. A tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), frequentemente empregada em drones, é particularmente útil para a realização de levantamentos topográficos com alta precisão, conforme observado por autores como Zhang *et al.* (2018), que destacam o potencial dessa tecnologia para melhorar a modelagem digital do terreno e a detecção de mudanças na superfície.

Além disso, a capacidade dos drones de realizar inspeções aéreas proporciona uma visão abrangente e detalhada dos canteiros de obras, contribuindo para o gerenciamento de riscos e a garantia da conformidade com os cronogramas. Segundo a pesquisa de Chien *et al.* (2021), a utilização de drones para inspeções visuais pode reduzir significativamente o tempo e o custo envolvidos em atividades de monitoramento, além de minimizar os riscos associados ao trabalho em alturas.

A integração dos drones com tecnologias de análise de dados e inteligência artificial também está começando a ganhar destaque. Estudos recentes, como os de Liu *et al.* (2020), exploram como a combinação dessas tecnologias pode aprimorar a tomada de decisões e a previsão de problemas, oferecendo uma abordagem proativa para o gerenciamento de projetos.

Em resumo, os drones estão redefinindo o gerenciamento de projetos na construção civil ao oferecer soluções inovadoras para levantamento de dados, monitoramento e inspeção. A contínua evolução dessas tecnologias promete ainda mais avanços na forma como os projetos são planejados e executados, destacando a importância de uma compreensão aprofundada dessas ferramentas para profissionais do setor.

2.3.1 Funções operacionais dos drones na construção civil: aplicações práticas e especializadas

A indústria da construção civil está passando por uma transformação significativa impulsionada pela adoção de tecnologias inovadoras e os drones emergiram como uma ferramenta indispensável para melhorar a eficiência, a segurança e a precisão em diversas atividades relacionadas à construção (Smith *et al.*, 2018). Com a capacidade de voar de forma autônoma e coletar dados precisos em tempo real, os drones estão revolucionando os métodos tradicionais de trabalho, proporcionando uma visão abrangente e detalhada dos locais de construção (Ahmed *et al.*, 2020).

Uma das principais aplicações dos drones na construção civil é o mapeamento topográfico. Equipados com câmeras de alta resolução e sensores avançados, os drones podem capturar imagens aéreas detalhadas do local de construção em questão de minutos. Essas imagens são processadas por software especializado para criar modelos tridimensionais precisos do local, fornecendo informações essenciais para o planejamento e o design de projetos de construção (König *et al.*, 2019). Inicialmente, ao realizar esses levantamentos topográficos exigia-se uma quantidade significativa de tempo e recursos, além de ser propenso a erros humanos (Kasprzak, 2016).

Além do mapeamento topográfico, os drones são amplamente utilizados para o monitoramento de progresso de obras. Com a capacidade de sobrevoar o local de construção regularmente, os drones podem capturar imagens e vídeos que documentam o andamento do projeto ao longo do tempo (Smith *et al.*, 2018). Isso permite que os gerentes de projeto e as equipes de construção monitorem o progresso e identifiquem potenciais problemas, assim adotando medidas corretivas de forma eficaz e eficiente. Além disso, as imagens aéreas fornecidas pelos drones podem ser usadas para comunicar o progresso do projeto aos stakeholders de forma clara e concisa.

Outra aplicação importante dos drones na construção civil é a realização de inspeções de segurança. Os drones podem ser equipados com câmeras de alta resolução e sensores especializados que permitem a identificação de potenciais riscos e problemas de segurança em locais de construção, como estruturas instáveis, vazamentos de materiais perigosos e áreas de acesso restrito (Teizer *et al.*, 2017). Ao realizar inspeções regulares com drones, as empresas de construção podem garantir um ambiente de trabalho seguro para seus funcionários e minimizar o risco de acidentes.

Outra aplicação importante dos drones na construção civil é a gestão de estoques e o controle de qualidade, que pode monitorar o inventário de materiais e equipamentos no local de construção, fornecendo uma visão em tempo real dos recursos disponíveis. Isso permite que os gerentes de projeto otimizem os processos de logística, garantam a disponibilidade oportuna de materiais e reduzam o desperdício. Além disso, os drones podem ser usados para realizar inspeções de qualidade em estruturas e materiais de construção, identificando defeitos ou imperfeições de forma rápida e precisa. Essa capacidade de identificar problemas de qualidade precocemente ajuda a garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos e a evitar custos adicionais de retrabalho, além de fornecer uma visão em tempo real dos recursos disponíveis, ajudando os gestores a otimizarem os processos de logística e garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos (Smith, S., *et al.*, 2018).

Os drones são frequentemente utilizados para o monitoramento ambiental e a gestão de recursos naturais em projetos de engenharia civil, como por exemplo, podem ser usados para monitorar a qualidade do ar, a qualidade da água, a vegetação e a vida selvagem em uma área de interesse. Isso é especialmente útil em projetos que envolvem a construção de infraestruturas em áreas sensíveis, como parques naturais ou reservas ambientais. Além disso, os drones podem ser usados para mapear a distribuição de recursos naturais, como água e minerais, fornecendo informações valiosas para o planejamento e a gestão de projetos de engenharia civil (Yang, W. *et al.*, 2018).

À medida que a tecnologia dos drones continua a evoluir e se tornar mais acessível, espera-se que seu uso na construção civil se expanda ainda mais, abrindo novas possibilidades para melhorar os processos de construção e aumentar a qualidade das obras. Em resumo, as aplicações de drones na construção civil são vastas e diversificadas, abrangendo desde o mapeamento topográfico até a inspeção de segurança (Ahmed *et al.*, 2020).

2.4 VANTAGENS E BENEFÍCIOS DOS DRONES NO GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A incorporação de drones no gerenciamento e planejamento de obras tem revolucionado a indústria da construção civil, trazendo uma série de vantagens que melhoram a eficiência, a precisão e a segurança dos projetos. Os drones, são ferramentas versáteis que oferecem benefícios significativos em diversas fases dos projetos de construção, desde o planejamento inicial até o acompanhamento contínuo das obras (Rodrigues e Silva, 2023).

Uma das principais vantagens dos drones é a capacidade de realizar levantamentos topográficos e criar modelos tridimensionais detalhados de forma rápida e precisa (Fernandes e Souza, 2021).

2.4.1 Monitoramento e Inspeção de Obras

Dentre as diversas aplicações práticas dos drones na construção civil, destacam-se aquelas voltadas ao monitoramento e à inspeção de obras, que têm contribuído significativamente para o controle de qualidade e cumprimento de prazos nos canteiros.

O monitoramento contínuo de obras é uma das tarefas mais desafiadoras no gerenciamento de projetos de construção, exigindo acompanhamento constante para garantir que os cronogramas e especificações sejam rigorosamente seguidos. Tradicionalmente, esse monitoramento era realizado por meio de visitas frequentes ao canteiro de obras, o que muitas vezes implicava em limitações logísticas e de segurança, além de ser um processo demorado. Com o advento dos drones, esse cenário foi transformado de forma significativa (Lima e Carvalho, 2020).

Os drones permitem que os gestores obtenham uma visão ampla e detalhada da obra em tempo real, cobrindo áreas extensas com rapidez e precisão. Conforme destacado por Azhar (2017), essa tecnologia possibilita a identificação precoce de problemas como desvios do cronograma, falhas estruturais ou inconsistências nos materiais utilizados, permitindo uma resposta imediata e a correção de eventuais problemas antes que eles comprometam o andamento da obra.

Além disso, drones podem inspecionar estruturas elevadas ou de difícil acesso, garantindo que todas as partes do projeto sejam verificadas sem colocar os trabalhadores em risco. Bryde, Broquetas e Volm (2013) reforçam que essa capacidade de inspeção remota não apenas melhora a segurança, mas também reduz significativamente os custos e o tempo necessários para a realização dessas tarefas.

2.4.2 Mapeamento e Levantamento Topográfico

Os levantamentos topográficos são essenciais no planejamento de obras, fornecendo dados cruciais sobre o terreno onde a construção será realizada. Tradicionalmente, essas atividades eram conduzidas por equipes de topógrafos utilizando métodos convencionais, que exigiam muito tempo e apresentavam limitações em termos de precisão. Com a introdução dos drones, essa etapa do planejamento passou por uma revolução (Barbosa e Mendes, 2021).

Drones podem realizar levantamentos topográficos de forma muito mais rápida e precisa. Siebert e Teizer (2014) explicam que esses dispositivos podem cobrir grandes áreas em um curto espaço de tempo, capturando imagens detalhadas que são processadas para criar modelos 3D do terreno. Esses modelos são extremamente precisos, com margens de erro de apenas alguns centímetros, o que é crucial para o planejamento adequado da obra.

Além disso, os drones permitem que esses levantamentos sejam realizados em terrenos de difícil acesso ou perigosos, onde a presença humana seria arriscada ou inviável. Isso não apenas acelera o processo de planejamento, mas também reduz significativamente os custos associados a essas operações (Silva & Oliveira, 2022). A Tabela 1 abaixo compara o tempo necessário para realizar levantamento topográficos com e sem o uso de drones, além da precisão alcançada.

Tabela 1 - Comparativo entre métodos tradicionais e drones

Atividade	Método Tradicional	Uso de Drones	Ganho de Eficiência (%)	Precisão
Área Pequena (10 ha)	2 semanas	2 dias	86%	5 cm
Área Média (50 ha)	1 mês	1 semana	75%	5 cm
Área Grande (100 ha)	2 meses	2 semanas	75%	5 cm

Fonte - Adaptado de Siebert e Teizer (2014).

2.4.3 Redução de Custos e Aumento da Eficiência

A redução de custos e o aumento da eficiência são dois dos benefícios mais tangíveis do uso de drones na construção civil. Ao automatizar tarefas que anteriormente exigiam grande quantidade de mão de obra e tempo, os drones permitem uma economia significativa de recursos. Irizarry, Gheisari e Walker (2012) destacam que a utilização de drones para atividades como monitoramento, inspeção e levantamento topográfico resulta em uma redução considerável dos custos operacionais. Por exemplo, a necessidade de deslocar equipes para realizar inspeções manuais é drasticamente reduzida, assim como os custos associados ao aluguel de equipamentos de grande porte para acessar áreas de difícil alcance.

Além disso, a eficiência operacional é aumentada, pois os drones podem realizar suas tarefas em uma fração do tempo necessário pelos métodos tradicionais. A coleta de dados em tempo real permite que os gestores de obras tomem decisões mais rápidas e informadas, evitando atrasos e garantindo que o cronograma seja cumprido. Essa eficiência também se traduz em uma maior qualidade do projeto final, uma vez que problemas potenciais podem ser identificados e corrigidos em tempo hábil, evitando retrabalho e desperdício de materiais (Pereira & Santos, 2023).

A Tabela 2 a seguir compara os custos de monitoramento e inspeção utilizando métodos tradicionais e drones. Os dados são estimativos e baseiam-se em estimativas comuns na indústria.

Tabela 2 - Comparativo de custo entre métodos tradicionais e drones

Atividade	Método Tradicional (US\$)	Uso de Drones (US\$)	Redução de Custos (%)
Inspeção de Estruturas Elevadas	\$10.000	\$3.000	70%
Levantamento Topográfico	\$5.000	\$1.500	70%
Monitoramento Semanal de Obra	\$8.000	\$2.000	75%
Documentação Visual	\$3.000	\$1.000	67%

Fonte - Adaptado de Irizarry, Gheisari e Walker (2012).

2.4.4 Documentação e Comunicação

A documentação visual contínua é uma necessidade crítica em qualquer projeto de construção, tanto para fins de acompanhamento interno quanto para comunicação com stakeholders. Antes do uso de drones, essa documentação era feita manualmente, o que limitava a quantidade de dados visuais disponíveis e a frequência com que eles podiam ser atualizados. Com os drones, essa tarefa foi significativamente aprimorada (Alves e Ferreira, 2022).

Levitt e Samelson (2013) explicam que os drones permitem a captura regular de imagens e vídeos de alta resolução ao longo do projeto, criando um registro visual detalhado que pode ser acessado a qualquer momento. Essa documentação é particularmente útil para resolver disputas, garantir o cumprimento de normas de segurança e manter um histórico preciso do progresso da obra.

Portanto, a facilidade de compartilhar esses dados com todos os envolvidos no projeto, independentemente de sua localização geográfica, melhora significativamente a comunicação entre as partes. Investidores, engenheiros, arquitetos e clientes podem acompanhar o andamento do projeto em tempo real, o que aumenta a transparência e a confiança, além de facilitar a tomada de decisões colaborativas (Rodrigues e Lima, 2023).

A Tabela 3 a seguir ilustra a quantidade de dados visuais coletados durante o monitoramento de uma obra e o tempo necessário para compartilhar essas informações com as partes interessadas.

Tabela 3 - Comparativo de quantidade de dados visuais entre métodos tradicionais e drones

Parâmetro	Método Tradicional	Aumento na Quantidade de Dados Coletados (%)	Redução no Tempo de Compartilhamento (%)
Dados Visuais Coletados (GB)	10 GB/mês	900%	-
Tempo de Compartilhamento	3 dias	-	100%

Fonte - Adaptado de Levit e Samelson (2013).

2.4.5 Desafios e limitações no uso de drones na construção civil

O uso de drones na indústria da construção civil tem crescido rapidamente, trazendo uma série de benefícios em termos de eficiência e precisão. No entanto, há também desafios e limitações que precisam ser considerados para garantir o sucesso e a segurança das operações.

Um dos principais desafios enfrentados é o complexo ambiente regulatório que envolve o uso de drones. Autoridades de aviação civil impõem restrições de espaço aéreo e exigem licenças e autorizações para operar drones em determinadas áreas. Essas regulamentações podem variar de país para país e podem tornar o processo de obtenção de permissões uma tarefa demorada e burocrática (Smith, 2020).

Além das questões regulatórias, outro desafio significativo é a necessidade de treinamento especializado para os operadores de drones. O manuseio adequado dos equipamentos e a interpretação dos dados coletados exigem conhecimentos técnicos específicos que nem sempre estão disponíveis entre os profissionais da construção civil (Jones *et al.*, 2019).

Outro desafio significativo é a limitação de tempo de voo e a capacidade de carga dos drones. Estudos como o de Zhang *et al.* (2021) destacam que a duração limitada das baterias dos drones pode restringir a quantidade de dados que podem ser coletados em uma única missão, especialmente em grandes sites de construção. Além disso, a capacidade de carga dos drones pode limitar o tipo e a quantidade de equipamentos que podem ser transportados, o que pode ser um fator limitante para a realização de tarefas complexas.

A dependência das condições climáticas para voos seguros e eficientes também é uma limitação importante. Ventos fortes, chuvas intensas e neblina podem afetar a estabilidade e a visibilidade dos drones, limitando sua capacidade de realizar inspeções e levantamentos

(Brown, 2021). Além disso, a calibração e manutenção dos sensores são essenciais para garantir a qualidade dos dados, o que pode representar um custo adicional.

A integração dos dados obtidos pelos drones com outros sistemas de gerenciamento de projetos e BIM (Building Information Modeling) também apresenta desafios. Segundo a pesquisa de Elakkiya *et al.* (2022), a compatibilidade entre os dados coletados pelos drones e os sistemas existentes pode ser um obstáculo, exigindo desenvolvimentos adicionais para garantir que os dados sejam integrados de forma eficiente e útil.

Além disso, questões de segurança e privacidade também precisam ser abordadas. A utilização de drones para capturar imagens e dados de sites de construção pode levantar preocupações sobre a privacidade, especialmente em áreas urbanas densas. De acordo com a análise de Xu *et al.* (2021), a coleta e o armazenamento de imagens aéreas podem suscitar preocupações relacionadas à proteção de dados e à privacidade dos indivíduos.

No entanto, o custo inicial de aquisição e manutenção dos drones também pode representar um obstáculo para empresas menores ou em desenvolvimento, pois sua aplicação na construção civil pode ter um preço elevado, tornando o investimento inicial proibitivo para alguns empreendedores (Wang e Zhang, 2018).

2.5 LEGISLAÇÃO AO USO DE DRONES

Nas últimas décadas, a tecnologia de drones tem promovido uma revolução significativa na indústria da construção civil. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou drones têm possibilitado melhorias substanciais na precisão e eficiência dos processos de levantamento topográfico, monitoramento de progresso e inspeções de qualidade. A integração dessa tecnologia nas práticas de construção civil, no entanto, demanda um entendimento detalhado das regulamentações que regem sua operação. Esses regulamentos são essenciais para garantir que as práticas adotadas sejam seguras, eficazes e estejam em conformidade com as leis vigentes (Silva e Almeida, 2021).

A regulamentação do uso de drones não se limita apenas a assegurar a segurança e a integridade das operações aéreas, mas também aborda questões de privacidade e responsabilidade civil. A operação de drones pode levantar preocupações significativas sobre a proteção de dados pessoais e a segurança das informações capturadas. Com a crescente adoção desses dispositivos na construção civil, a necessidade de uma regulamentação robusta e adaptada às especificidades dessa tecnologia torna-se cada vez mais evidente (Nogueira, 2019; Silva e Almeida, 2021).

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94, emitido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), é uma das normativas mais relevantes para a operação de drones no Brasil. Este regulamento estabelece os critérios para a operação segura de drones e categoriza os dispositivos com base no peso máximo de decolagem.

A regulamentação visa assegurar que todas as operações sejam realizadas de maneira segura, minimizando riscos e garantindo que a integração dos drones com outras atividades aéreas ocorra sem problemas (Santos, 2020). Além disso, a ANAC revisa periodicamente o RBAC-E nº 94 para incorporar novas tecnologias e práticas, refletindo a evolução constante do setor (Pereira, 2020).

O Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/1986) e o Decreto nº 2.523/1998 fornecem a base para a regulamentação do uso do espaço aéreo no Brasil. Esses documentos estabelecem as normas para a operação de todas as aeronaves, incluindo drones, e detalham as responsabilidades dos operadores. As regulamentações visam garantir que a navegação aérea seja realizada de maneira segura, evitando colisões e outros incidentes que possam afetar a segurança pública (Silva e Almeida, 2021).

O Código Brasileiro de Aeronáutica e o Decreto nº 2.523/1998 estabelecem restrições sobre o uso do espaço aéreo próximo a aeroportos e outras zonas sensíveis. Essas restrições são críticas para evitar conflitos entre drones e aeronaves tripuladas, além de proteger áreas de alta densidade de tráfego aéreo. Os operadores de drones devem estar cientes dessas restrições e planejar suas operações de acordo para garantir a conformidade com a legislação (Oliveira, 2021).

A Portaria DECEA nº 98/DGCEA, emitida pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), complementa as regulamentações do RBAC-E nº 94 ao estabelecer procedimentos específicos para a operação de drones em áreas controladas. Esta portaria define os protocolos para solicitação de voo e autorização em zonas restritas, como áreas próximas a aeroportos, bases militares e outros locais de interesse estratégico (Santos, 2020).

Além de regulamentar a operação de drones em áreas controladas, a portaria estabelece normas de segurança para evitar interferências com outras aeronaves e garantir a coordenação eficaz das operações. É fundamental que os operadores de drones sigam essas diretrizes para garantir a segurança do tráfego aéreo e evitar incidentes que possam comprometer a segurança pública e a integridade das operações (Nogueira, 2019).

A Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), instituída pela Lei nº 13.709/2018, tem um impacto significativo no uso de drones, especialmente quando estes capturam imagens ou dados

peçoais. A LGPD estabelece regras rigorosas para a coleta, armazenamento e uso de dados peçoais, garantindo que os direitos à privacidade dos indivíduos sejam respeitados (Oliveira, 2021).

Para garantir a conformidade com a LGPD, os operadores de drones devem obter o consentimento dos indivíduos antes de capturar imagens que possam identificar pessoas. Além disso, é necessário implementar medidas adequadas para proteger os dados coletados e assegurar que o tratamento dessas informações esteja alinhado com os princípios da LGPD. O não cumprimento dessas exigências pode resultar em penalidades severas, o que reforça a importância de seguir as normas estabelecidas (Pereira, 2020).

2.5.1 Normas Técnicas e Orientações Específicas

Além das regulamentações federais, é importante considerar as normas técnicas e orientações emitidas por associações e conselhos profissionais, como o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Essas normas fornecem diretrizes práticas para o uso de drones em levantamentos topográficos, monitoramento de obras e inspeções (Nogueira, 2019).

Essas diretrizes abordam aspectos como procedimentos operacionais, manutenção dos equipamentos, e treinamento dos operadores. Adotar as boas práticas recomendadas por essas instituições pode melhorar a eficiência e a segurança das operações de drones, além de garantir a conformidade com as melhores práticas do setor (Silva e Almeida, 2021).

Embora o estado do Maranhão e a cidade de São Luís não tenham leis específicas que regulamentem exclusivamente o uso de drones, é essencial considerar as regulamentações federais e as normas locais que podem afetar a operação dessas aeronaves. As diretrizes da ANAC e do DECEA são aplicáveis em todo o território nacional, incluindo o Maranhão e São Luís (Santos, 2020).

Além disso, a Lei Orgânica do Município de São Luís e outras regulamentações municipais podem impactar indiretamente o uso de drones, especialmente em áreas sensíveis ou de alta densidade populacional. Por exemplo, áreas de preservação ambiental, como o Parque Estadual do Bacanga, têm regulamentações que podem limitar o uso de drones para evitar impactos negativos no meio ambiente. Da mesma forma, eventos públicos e áreas próximas a instalações governamentais podem exigir autorizações especiais (Pereira, 2020; Oliveira, 2021).

Para ilustrar o impacto da legislação no uso de drones na construção civil, pode-se considerar alguns exemplos práticos. Em projetos de grande escala, como a construção de infraestruturas urbanas ou a renovação de áreas históricas, a conformidade com as regulamentações é crucial para evitar interrupções e garantir que os dados coletados sejam utilizados de maneira ética e legal (Costa e Lima, 2022).

Um exemplo é a utilização de drones para monitorar o progresso da construção em áreas urbanas densas. Neste caso, é fundamental obter as autorizações necessárias e garantir que a operação esteja em conformidade com as normas de privacidade e segurança. A falta de conformidade pode resultar em multas e sanções legais, além de comprometer a integridade dos dados coletados (Silva e Almeida, 2021).

Outro exemplo é o uso de drones em projetos de preservação ambiental. Em áreas protegidas, os operadores devem seguir regulamentações específicas para minimizar o impacto ambiental. O uso inadequado de drones pode resultar em danos ao ecossistema e em sanções por parte das autoridades ambientais (Nogueira, 2019; Oliveira, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 ANÁLISE PRISMA

A presente pesquisa adotou como base metodológica o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), utilizado internacionalmente para garantir a transparência e a reprodutibilidade em revisões sistemáticas. O PRISMA estrutura o processo de busca, seleção, avaliação e inclusão de estudos relevantes, reduzindo vieses e promovendo maior rigor científico na seleção da literatura.

A aplicação da metodologia PRISMA neste trabalho foi dividida em quatro etapas principais:

1. Identificação:

Realizou-se uma busca por artigos científicos em bases como Science Direct, Scopus e Google Scholar, utilizando os descritores: “Drones” AND “Construção Civil” AND “Gerenciamento de Obras” AND “Planejamento”.

Foram aplicados filtros para limitar os resultados a publicações entre 2015 e 2025, priorizando artigos que apresentassem estudos de caso, aplicações práticas ou comparações entre métodos tradicionais e o uso de drones em obras civis.

2. Triagem:

Nessa fase, foram analisados títulos e resumos para eliminar duplicidades e estudos fora do escopo. Trabalhos que não abordavam diretamente a construção civil ou que tratavam de drones em outros contextos (como agricultura ou logística) foram descartados.

3. Elegibilidade:

Os artigos selecionados foram lidos na íntegra, sendo avaliados quanto à clareza metodológica, relevância temática e consistência nos resultados. Foram excluídos trabalhos que não apresentavam dados quantitativos, ou que se restringiam a análises teóricas sem aplicação prática no planejamento ou no gerenciamento de obras.

4. Inclusão:

Ao final do processo, foram selecionados 3 artigos científicos, os quais compuseram o corpus principal da revisão. Os critérios de inclusão adotados foram:

- Publicações em português, inglês ou espanhol;
- Enfoque direto no uso de drones em obras civis;
- Apresentação de dados técnicos, indicadores de desempenho ou estudos comparativos;

- Aplicações reais em levantamentos, inspeções, mapeamentos ou monitoramentos de obras.

Para garantir a confiabilidade metodológica, foi utilizado um checklist adaptado do PRISMA 2020, contemplando itens como: definição clara do problema de pesquisa, critérios de elegibilidade, fontes de informação e métodos de extração e análise dos dados conforme detalhado na Tabela 4.

Tabela 4 - Checklist do Método PRISMA 2020

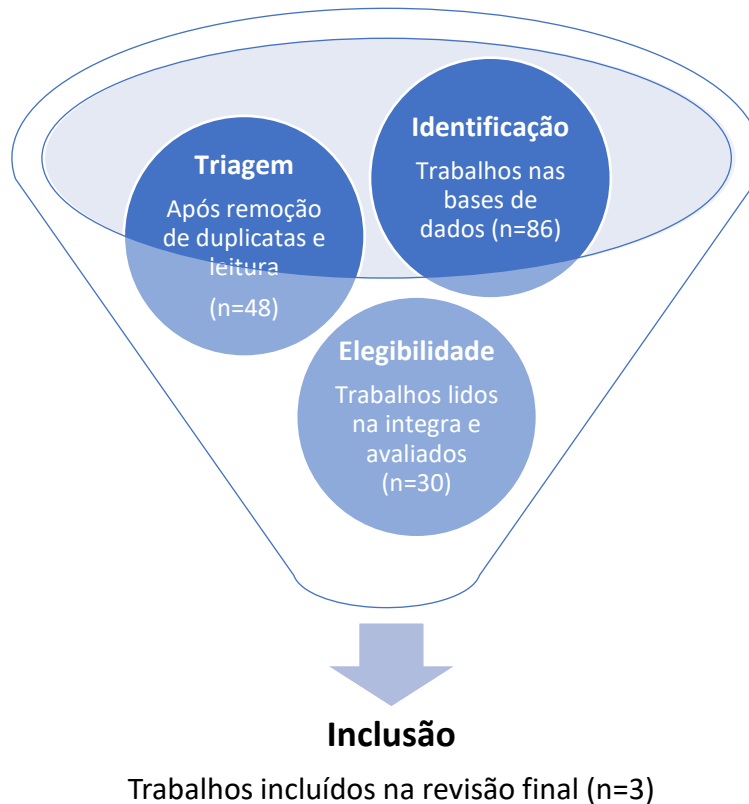
Item	Descrição	Aplicação no Trabalho
1	Título	Indica que se trata de uma revisão sistemática baseada no uso de drones na construção civil.
2	Resumo	Apresenta objetivo, métodos, resultados e conclusões.
3	Justificativa	Contextualiza a importância da tecnologia de drones na engenharia civil.
4	Objetivos	Define claramente o foco da revisão: drones aplicados ao planejamento e gerenciamento de obras.
5	Crítérios de elegibilidade	Estudos entre 2015 e 2025, em português, inglês ou espanhol.
6	Fontes de informação	Bases de dados utilizadas: Science Direct, Scopus e Google Scholar.
7	Estratégia de busca	Uso de palavras-chave combinadas: 'drones', 'construção civil', 'gerenciamento de obras' e 'planejamento'.
8	Processo de seleção	Quatro etapas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão.
9	Coleta de dados	Leitura integral e análise qualitativa dos artigos selecionados.
10	Síntese dos resultados	Resultados organizados em quadros comparativos e discussões técnicas.
11	Discussão	Análise crítica dos benefícios e limitações do uso de drones.
12	Conclusão	Síntese dos achados e proposições para pesquisas futuras.

Fonte - Adaptado de PRISMA 2020 Statement for Reporting Systematic Reviews (Page *et al.*, 2021).

A escolha por utilizar somente três artigos científicos na presente revisão bibliográfica justifica-se pelo rigor metodológico adotado com base no protocolo PRISMA 2020, que preconiza critérios de seleção claros e objetivos. Durante a etapa de elegibilidade, foram priorizados estudos que apresentassem aplicação direta de drones no contexto da construção civil, com dados empíricos, indicadores técnicos de desempenho e integração com ferramentas modernas como BIM e softwares de mapeamento digital. Embora diversas publicações tenham sido inicialmente identificadas, muitas não atendiam plenamente aos critérios definidos, como ausência de aplicação prática, foco em outros setores (como agricultura ou logística) ou falta de detalhamento técnico. Dessa forma, os três artigos selecionados demonstraram robustez metodológica, relevância temática e contribuições significativas ao tema proposto, sendo suficientes para embasar as análises e discussões realizadas neste trabalho.

Por fim, o processo de seleção pode ser representado graficamente por meio de um fluxograma PRISMA (Figura 1), demonstrando o número de estudos identificados, triados, avaliados e incluídos. Essa sistematização contribuiu para que a revisão bibliográfica fosse conduzida de forma objetiva, estruturada e fundamentada nas melhores evidências científicas disponíveis.

Figura 1 - Fluxograma PRISMA do processo de seleção de estudos



Fonte – Os autores 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados foi conduzida com base nos estudos previamente selecionados por meio da metodologia PRISMA, que orientou a estruturação da revisão sistemática. O processo envolveu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, conforme os critérios definidos na metodologia, como o foco na aplicação de drones na construção civil, a presença de dados empíricos e a publicação entre os anos de 2015 e 2025. Ao final da seleção, três artigos foram considerados elegíveis e compuseram o corpo principal da análise. Esses estudos forneceram subsídios técnicos e práticos para a discussão dos impactos do uso de drones no monitoramento, inspeção, planejamento e gestão de obras.

O uso de drones na construção civil tem se mostrado uma ferramenta eficiente para o monitoramento físico de obras, inspeções técnicas e gestão de canteiros, como demonstrado no estudo de Patel *et al.* (2021). Um dos principais resultados evidenciados nos estudos, conforme Tabela 5, a integração entre os dados captados pelos drones e os modelos BIM (Building Information Modeling).

Tabela 5 - Estudos selecionados

Nº	Título do Estudo	Autor (es)	Ano	Principais Contribuições
1	Role of Unmanned Aerial Vehicles in Construction Management	Salman Azhar	2017	Apresenta os benefícios da utilização de drones no acompanhamento de obras, destacando aplicações em inspeções, medições e documentação visual.
2	Construction Progress Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images and Building Information Modelling (BIM) Software	Mohammad Asef, Mohammad Oraee	2019	Explora a integração entre imagens de drones e softwares BIM para o monitoramento do progresso físico de obras com representações 3D/4D.
3	High-Precision Mapping of a G+6 Building Using Drones and Pix4D Software	Parth Patel, Rohan Shah, Jay Patel	2021	Aplica drones equipados com câmeras e software Pix4D para mapeamento 3D de edifícios, com foco em precisão, eficiência e redução de tempo nas inspeções.

Fonte – Os autores (2025)

Essa combinação proporciona uma visualização n-dimensional (3D, 4D com cronograma, 5D com custos), otimizando o planejamento e a tomada de decisões no canteiro

de obras. As informações obtidas a partir do processamento das imagens com software demonstram a eficiência e a precisão do método utilizado, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Desempenho técnico do mapeamento com drone

Indicador	Valor obtido
Altura média de voo	30 m
Fotografias capturadas	81 imagens
Imagens calibradas	100% (81/81)
Mediana de pontos-chave por imagens	38.486
Mediana de correspondências (matches) - valor mediano do n° de pontos correspondentes (ou matches) entre imagens capturadas por um drone	23.779,9
Diferença relativa de otimização da câmera	77%
Necessidade de GCP 3D	Não (georreferenciamento interno)
Saídas geradas	Nuvem de pontos 3D, DSM, medições de elementos estruturais

Fonte - Patel *et al.*, 2021

No Brasil, pesquisas como a de Nery *et al.* (2021) reforçam que os drones vêm sendo empregados na inspeção de fachadas, gerenciamento de obras e marketing imobiliário, trazendo como principais benefícios a redução de custos, o aumento da segurança dos trabalhadores e o acesso a áreas de difícil alcance. Um exemplo prático foi a aplicação na construção da Ponte União no Pará, em que o uso de drones foi fundamental para a vistoria estrutural e para a qualidade das perícias técnicas.

Cassimiro *et al.* (2025) complementam essa perspectiva ao comparar o uso de drones com métodos tradicionais de inspeção com andaimes. Os autores destacam que os drones proporcionam ganho em tempo, segurança e qualidade nas inspeções, sendo capazes de identificar patologias como trincas, fissuras e deslocamentos com mais precisão e rapidez, inclusive utilizando termografia para diagnósticos ocultos. Essa comparação está sintetizada na Tabela 7, que demonstra a diferença significativa no tempo necessário para realização da inspeção de fachadas entre os dois métodos.

Tabela 7 - Comparação entre drone e métodos convencionais (andaime/alpinismo) para inspeção de fachadas

Critério	Drone	Método Convencional
Tempo de inspeção	≈ 30 min para fachada de 18 andares	Dias/ semanas (montagem + inspeção)
Custo do equipamento	Kit DJI Mini 4 Pro + 2 baterias ≈ R\$ 12.299	Locação/montagem de andaime ou contratação de equipe de alpinismo (varia por obra)
Custo diário de mão de obra	Operado por estagiário (sem exigência NR) – baixo	Profissional com NR-35/IRATA: R\$ 400 – 600/dia
Risco de acidentes em altura	Muito baixo (piloto em solo, sem acesso físico)	Alto, trabalho em altura com andaime/alpinismo
Mobilização	Checklist e decolagem em minutos	Montagem e desmontagem demandam horas a dias
Cobertura/alcance	Acesso integral a fachadas e coberturas sem contato físico	Limitado por pontos de ancoragem e alcance do trabalhador
Qualidade de registro	Imagens/vídeos em alta resolução + termografia opcional	Registro visual convencional; detalhes dependem da distância e iluminação

Fonte – Adaptado Sacramento, T., M., S., (2021).

A aplicação dessa tecnologia não apenas beneficia a etapa construtiva, mas também a fase de manutenção, conforme aponta Feital (2017), que propôs uma metodologia de inspeção predial com VANTs alinhada ao processo de Garantia da Qualidade do PMBOK. O autor reforça a importância dos drones como ferramentas de coleta de dados em inspeções visuais e ensaios não destrutivos, além de seu uso em análises termográficas para instalações elétricas e patologias ocultas.

No entanto, apesar dos benefícios, ainda há desafios a serem superados, especialmente no Brasil. A adesão à tecnologia é limitada, em parte, pela carência de conhecimento técnico e pela necessidade de atender às regulamentações da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), como observam Feital (2017) e Cassimiro *et al.* (2025). Além disso, o custo inicial com aquisição de drones e capacitação de profissionais pode ser um entrave para pequenas empresas do setor.

Contudo, a tendência é que, com a popularização e barateamento da tecnologia, o uso de drones se torne cada vez mais comum e acessível. Como observado nos estudos analisados, os ganhos em qualidade, segurança, eficiência e rastreabilidade são significativos e justificam sua adoção estratégica na engenharia civil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao investigar as definições, classificações e especificações técnicas dos drones empregados na construção civil, constatou-se que a evolução dos sensores ópticos, lidar e termográficos, aliada a melhorias na autonomia energética e nos sistemas de navegação, gera plataformas aéreas capazes de capturar dados com elevada consistência. A distinção entre multirrotores e asas fixas, bem como entre as classes de peso segundo a ANAC, mostrou-se crucial para selecionar o equipamento correto a cada tarefa. Essa compreensão técnica fundamenta a tomada de decisões sobre alcance de voo, tempo de operação, carga útil e requisitos de software, delineando o ponto de partida para o aproveitamento estratégico da tecnologia nos canteiros.

No âmbito do planejamento e do controle de obras, verificou-se que os drones atuam em três frentes principais: levantamentos topográficos ágeis, substituindo equipes de campo extensas; geração de modelos tridimensionais integráveis ao BIM, possibilitando simulação de sequências construtivas (4D) e estimativas de custo (5D) e monitoramento periódico do progresso físico-financeiro, com sobreposição de ortofotos em cronogramas para detecção automática de desvios. Esse conjunto de aplicações provou reduzir lacunas de informação entre escritório e canteiro, encurtar tempos de resposta a problemas e reforçar a rastreabilidade das decisões, contribuindo de forma decisiva para a governança dos projetos analisados.

No contexto do planejamento e controle de obras, os drones permitem a substituição de equipes extensas em diversas atividades que tradicionalmente exigiriam grande presença de profissionais em campo. Uma das principais é o levantamento topográfico de grandes áreas, onde o uso de drones equipados com sensores GPS e câmeras de alta resolução permite gerar mapas, curvas de nível e modelos digitais do terreno de forma rápida e precisa, reduzindo significativamente a necessidade de topógrafos em campo.

Outra atividade é o acompanhamento do progresso da obra, realizado por meio da captura periódica de imagens aéreas e vídeos, que substituem vistorias manuais e constantes de múltiplos profissionais pelo canteiro. Além disso, os drones possibilitam a medição de volumes de corte e aterro com base em modelos gerados por fotogrametria, eliminando a necessidade de medições manuais com instrumentos tradicionais.

Em locais de difícil acesso, como fachadas, coberturas e estruturas elevadas, os drones realizam inspeções visuais com segurança e agilidade, evitando o deslocamento de trabalhadores e o uso de andaimes ou plataformas. Também contribuem para o controle de

qualidade, permitindo verificar visualmente o andamento de etapas construtivas, como armações ou concretagens, com imagens de alta resolução.

Além disso, os drones são utilizados no monitoramento ambiental e de segurança do canteiro, com sobrevoos programados que substituem rondas manuais, reforçando a vigilância e a conformidade com normas.

A comparação quantitativa entre métodos tradicionais e operações com drones evidenciou ganhos expressivos: economia de até 70 % no custo de inspeções, redução drástica do tempo de coleta de dados e eliminação de exposições de trabalhadores a alturas e condições perigosas. Além disso, a qualidade dos registros visuais — em especial quando combinados a pós-processamento fotogramétrico — ampliou a precisão das medições e a confiabilidade dos relatórios de conformidade. Esses benefícios repercutem diretamente na competitividade das construtoras, que passam a dispor de informações em tempo real para decisões técnicas, contratuais e financeiras.

Apesar dos avanços, persistem desafios ligados ao cumprimento das exigências regulatórias, à privacidade de dados captados em áreas urbanas densas e à necessidade de formação de pilotos certificados. A regulamentação brasileira — embora relativamente consolidada — demanda trâmites que podem alongar prazos caso não haja planejamento prévio. Além disso, condições meteorológicas adversas e obstáculos físicos impõem limites operacionais que requerem protocolos de segurança e redundância de sensores. Reconhecer essas barreiras permite mitigar riscos e inserir o uso de drones num fluxo de trabalho padronizado e conforme a legislação vigente.

A adoção do protocolo PRISMA estruturou uma revisão sistemática transparente e reprodutível, filtrando a literatura mais robusta e alinhada à problemática investigada. O checklist e o fluxograma aplicados garantiram rastreabilidade das escolhas e reduziram viés de seleção. Essa estratégia fortaleceu a validade interna das conclusões, ao mesmo tempo em que delineou lacunas ainda não exploradas pela comunidade científica — especialmente estudos longitudinais que meçam indicadores de desempenho ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento.

Somando-se os achados, fica evidente que os drones representam um vetor de transformação tecnológica com impacto crescente sobre qualidade, prazo, custo e segurança na construção civil. A tendência é de expansão do uso concomitante a avanços em inteligência artificial embarcada, comunicação 5G e integração nativa a plataformas BIM. Para consolidar essa realidade, recomenda-se: desenvolver protocolos padronizados de processamento de dados

que facilitem a comparação entre obras; investir em programas de capacitação que unam pilotagem, fotogrametria e análise de dados e estimular pesquisas que avaliem o retorno econômico de longo prazo em projetos de diferentes escalas. Dessa forma, o setor poderá transitar de aplicações pontuais para uma cultura de gestão de obras fundamentada em dados aéreos de alta resolução — potencializando a inovação e a sustentabilidade nas práticas construtivas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Drones. 2022.** Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/bfae3ceb-d554-4a34-b754-3ff204d71e97/content>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

AHMED, Adeel; NAZIR, Salman; ALI, Muhammad Imran; KHAN, Asif; SAEED, Asif. **Strategic integration of drone technology and digital twins for optimal construction project management.** 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4787/pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ALMEIDA, Juliana Cristina. **Avaliação das potencialidades da termografia de infravermelhos associada a drones para a inspeção digital de edifícios.** 2021. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/135060/2/485060.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ASEF, Mohammad; ORAE, Mohammad. Construction progress monitoring using unmanned aerial vehicle (UAV) images and building information modelling (BIM) software. **Journal of Information Technology in Construction**, 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/283041896>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

AZHAR, Salman. **Role of unmanned aerial vehicles in construction management.** *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/82735290/978-981-15-5195-6_25-libre.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

BRYDE, David; BROQUETAS, Mar; VOLM, Jörg Michael. **The project benefits of Building Information Modelling (BIM).** *International Journal of Project Management*, 2013. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38560079/The_project_benefits_of_BIM-libre.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. **Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review.** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

Drones e suas aplicações na construção civil e infraestrutura. Disponível em: <https://retaengenharia.com.br/noticias/drones-e-suas-aplicacoes-na-construcao-civil-e-infraestrutura/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

Drones na Construção Civil: 5 usos e benefícios para o setor. Disponível em: <https://blog.lojadji.com.br/drones-na-construcao-civil/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

Drones na construção civil: Impactos e benefícios. Disponível em:

<https://mappa.ag/blog/drones-na-construcao-civil-tudo/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

Drones na construção civil: qual aplicabilidade do produto. Disponível em: <https://itarc.org/drones-na-construcao-civil/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

FLOREANO, Dario; WOOD, Robert James. **Science, technology and the future of small autonomous drones.** Nature, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature14542>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

IRIZARRY, Jorge; COSTA, Darlan Barros. **Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Vehicles for Construction Management Tasks.** 2016. Disponível em: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000422](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000422)>. Acesso em: 25 ago. 2024.

IRIZARRY, Jorge; GHEISARI, Masoud; WALKER, Bruce N. **Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. Journal of Information Technology in Construction (ITcon),** 2012. Disponível em: <http://sonify.psych.gatech.edu/~walker/publications/pdfs/2012ITCONSTRUCTION-IrizarryGheisariWalker.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

KHOSHELHAM, Kourosh; ELBERINK, Sander Oude. **LiDAR in Construction and Civil Engineering: A Review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,** 2018. Disponível em: <http://ir.ciom.ac.cn/bitstream/181722/60870/1/A%20light%20and%20faster%20regional%20convolutional%20neur.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

LEVITT, Raymond Elliot; SAMELSON, Neil M. **Construction Safety Management. John Wiley & Sons,** 2013. Disponível em: https://www.businessperspectives.org/images/pdf/applications/publishing/templates/article/assets/20471/PPM_2024_03_Ganiyev.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

LIU, Yajie; LIU, Ying; ZHANG, Jin; HU, Liang. **Application of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Mining Land Reclamation Monitoring: A Case Study in China.** 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8962208>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

LUCCHETTA, Bruna Caroline; OLIVEIRA, Fabiano Silva. **Uso de imagens do OLI/Landsat 8 no estudo de desastres ambientais: estudo de caso do rompimento da barragem em Brumadinho – MG.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

PAGE, Matthew James; MCKENZIE, Joanne Elizabeth; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer M.; AKL, Elie A.; BRENNAN, Stephen E.; CHOU, Roger; GLASZIOU, Paul; MOHER, David. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** BMJ, v. 372, n. 71, p. 1–9, 2021.

QIN, Rongjun; ZHANG, Chao; FAN, Hongbin; MA, Ruichao; WANG, Yanyan. **The Impact of Drone Technology on Construction Project Management**. 2020. Disponível em: <[https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001886](https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001886)>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SACRAMENTO, Thamires Marques da Silva. **Análise comparativa da utilização dos métodos tradicionais e do veículo aéreo não tripulado (VANT) nas inspeções de segurança em canteiros de obras residenciais**. 2021. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3236/1/Analise_Comparativa_Utilizacao_TCC_2021.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SHI, Zhenyu; ERIKSSON, Tomas; LI, Jing. **The potential of drones for construction monitoring**. *Automation in Construction*, 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/profile/Larissa-Statsenko-2/publication/361174494>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SIEBERT, Sebastian; TEIZER, Jochen. **Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system**. *Automation in Construction*, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580514000193>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SMITH, Steven; WILLIAMS, Brian; JONES, Michael. **Drones in Construction: Realizing the Benefits of UAVs in Building Management**. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-446X/7/3/202/pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ZHOU, Yong; GHEISARI, Masoud. **Unmanned Aerial System Applications in Construction: A Systematic Review**. *Construction Innovation*, 2018. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-02-2018-0010/full/html>>. Acesso em: 25 ago. 2024.