

Da vistoria no terreno à finalização empreendimento: 10 abordagens do uso do RPAS/Drone no acompanhamento do financiamento PJ.

Resumo

Com um custo relativamente baixo de aquisição, facilidade de operação e a segurança no uso têm tornado o uso do RPAS/Drone cada vez mais presente em canteiros de obra. A amplitude de imagens, registro de múltiplas informações concentrada em poucos arquivos, clareza e facilidade na interpretação do registro são algumas das características distintas esperadas no acompanhamento do financiamento PJ com o uso da ferramenta. Auxiliando os trabalhos técnicos da unidade da CAIXA há mais de 5 anos, o objetivo do presente trabalho é explorar e apresentar benefícios obtidos com a utilização do RPAS em 10 fases distintas de empreendimentos, com intuito de registrar e difundir o uso da ferramenta. A resposta obtida com o uso registra e consolida o enorme potencial da ferramenta, com uso possível em todas as fases de empreendimentos imobiliários, podendo ser explorada por profissionais do corpo técnico, empresas credenciadas ou proponentes/executantes.

Sumário

1. OBJETIVO	2
2. PARTICIPANTES	3
3. EXPOSIÇÃO DO PROCESSO	3
a. Por que utilizar RPAS/Drone na aferição de empreendimentos?	4
b. Limitações de uso	6
c. Potencial de uso no acompanhamento de empreendimentos imobiliários.....	7
d. 10 abordagens de uso.....	9
i. Vistoria terrenos MCMV	9
ii. Serviços de terraplenagem	11
iii. Infraestrutura não incidente (externa ao condomínio).....	12
iv. Condomínio habitacional horizontal - fase de fundações.....	13
v. Condomínio habitacional horizontal - fase de superestrutura e cobertura	14
vi. Condomínio habitacional vertical - fase de fundações.....	15
vii. Condomínio vertical habitacional - fase de superestrutura e cobertura	17
viii. Edifício garagem	19
ix. Vistoria de conclusão de obra	20
x. Pós entrega – Programa de Olho na Qualidade	21
xi. Bônus I – Obras infraestrutura	22
xii. Bônus II – Acompanhamento PF (Pessoa Física).....	22
xiii. Bônus III – Avaliação de garantias	23
4. IMPACTOS E RESULTADOS.....	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. OBJETIVO

O monitoramento da construção e controle de recursos são atividades essenciais para a mitigação de riscos associados à garantia e correta alocação de recursos. Neste contexto, o uso de Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS/UAV/Drone), associado à ciência de dados, pode proporcionar qualidade, redução de custo e ganho em escala em atividades relacionadas ao acompanhamento de garantias financeiras.

Imprescindível na execução de contratos públicos ou privados, o monitoramento e controle de obras é parte fundamental do sucesso na conclusão do empreendimento objeto da contratação. Inseridos neste contexto, o pagamento de serviços não efetivamente executados e inconsistências/incoerências nos relatórios de fiscalização, são algumas das principais falhas da fase de produção da obra identificadas dentre irregularidades apresentadas pelo Tribunal de Contas da União - TCU (BRASIL, 2009).

Relatório de auditoria realizada pelo TCU, registrada no Acórdão 1.079/2019, identificou 14.403 (37,50%) obras paralisadas/inacabadas em um total de 38.412 obras em levantamento realizado em bancos de dados da CEF (Caixa Econômica Federal), PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), MEC (Ministério da Educação), DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte) e FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). Os recursos inicialmente previstos destas obras equivalem a 19,89% do total de recursos previstos nas obras analisadas, valor correspondente a mais de 144 bilhões de Reais (BRASIL, 2019).

Dentre as principais causas, o motivo “*técnico*” (47% do total) é apontado como o principal fator, seguido de “*abandono pela empresa*” (23%) e “*outros*” (12%). Como consequência, entre outros efeitos negativos, o relatório aponta que serviços deixaram de ser prestados à população. Registra que R\$ 132 bilhões deixaram de ser injetados na economia e que 75 mil vagas em creches deixaram de ser criadas e oferecidas à população por meio dos recursos destinados ao Programa Próinfância (BRASIL, 2019). Em sua decisão, o órgão fez recomendações ao Ministério da Economia objetivando o aperfeiçoamento de procedimentos relacionados à gestão de obras destacando, entre outros pontos, aspectos como o aprimoramento de sistemas de gestão para registrar de forma ágil e confiável a situação de obras, casos de sucesso e boas práticas que pudessem ser replicados (BRASIL, 2019).

Dentre outras situações relacionadas a um sistema de gestão e seus registros associados, O Manual de Auditoria de Obras Públicas elaborado pelo Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União¹ apresenta como as falhas mais comuns detectadas pelo órgão o acompanhamento deficiente da execução da obra (controle inadequado da obra pelo fiscal), a medição de serviços não executados e medição com divergência entre boletim e memória de cálculo (BRASIL, 2018).

Seja na execução, projeto ou monitoramento/fiscalização de obras, cenários similares identificados em relatórios anteriores pelo TCU já demonstravam que o uso de tecnologias e processos são necessários para assegurar uma melhoria na aplicação dos recursos públicos nessas áreas (MIRANDA; MATOS, 2015).

O objetivo do presente trabalho é explorar e apresentar os benefícios obtidos com a utilização do RPAS em 10 fases distintas de empreendimentos, de forma a registrar

¹ Controladoria-Geral da União (CGU) foi criada em 2001 como Corregedoria-Geral da União. Em 2003 o órgão teve a denominação modificada e em 2016 foi transformado em Ministério da Transparência, Fiscalização e Controladoria-Geral da União, retomando o nome de Controladoria-Geral da União em 2018.

e promover o uso da ferramenta, de baixo custo, fácil operação e baixo risco à segurança de envolvidos.

2. PARTICIPANTES

O processo envolve e traz benefícios a todos os participantes do acompanhamento de empreendimentos: corpo técnico da CAIXA, empresas credenciadas e proponentes/clientes e para a CAIXA.

Os benefícios para o corpo técnico com as imagens produzidas por RPAS resulta no incremento da qualidade do trabalho, amplificação da análise com o uso de imagens, realizadas pelo próprio profissional ou fornecida por terceiros, mais amplas e completas, simplificação do trabalho de análise com o uso de um número menor de imagens com o registro dos serviços executados e o tempo otimizado, seja na obtenção das imagens, que ocorre de forma mais rápida do que em relação ao processo convencional, ou na necessidade de análise de um número menor de registros fotográficos pelo uso de registros mais amplos.

Empresas credenciadas podem se beneficiar com a criação de novo escopo de serviço ainda pouco explorado. A expectativa é que a amplificação de serviços produzidos com o uso do RPAS, com serviços já previstos no Edital de Credenciamento CR0244/2024, pode ampliar o escopo de trabalho destes profissionais. Benefícios no tempo de realização do serviço, análise e qualidade na apresentação do trabalho, similar ao esperado e relacionado anteriormente com o corpo técnico da Caixa, também são esperados.

Proponentes/clientes podem se beneficiar com a apresentação de imagens para a CAIXA, dentro de um fluxo para empresas com NDT, por exemplo, e obter benefícios com o fornecimento destas imagens (como por exemplo a simplificação do processo de acompanhamento e taxas de justos diferenciada). Mesmo sem fazer o uso do equipamento, a percepção na qualidade de monitoramento de suas obras e ganho de tempo com a necessidade de intervenções mais rápidas e assertivas dentro dos canteiros são benefícios que podem ser aspirados.

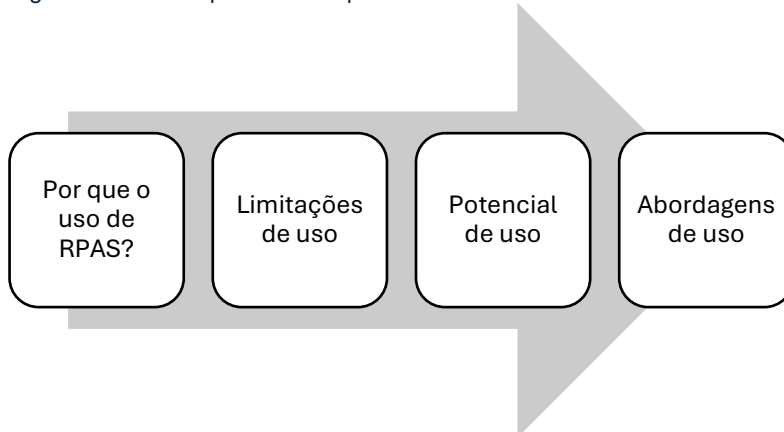
Para a CAIXA, a melhoria no monitoramento do processo, um registro mais amplo e completo do histórico de serviço, incentivo no uso e suporte para o desenvolvimento de novas tecnologias por seu corpo técnico, ampliação dos trabalhos demandas a técnicos terceiros com economia de custos, e a percepção de clientes/proponentes quanto a excelência de seu processo são apenas alguns dos benefícios que podem ser identificados com o uso do RPAS e os benefícios de imagens produzidas.

3. EXPOSIÇÃO DO PROCESSO

Previamente ao uso do RPAS no acompanhamento de obras foi realizado um estudo para identificar usos e abordagens, potencial, características e riscos. Os trabalhos realizados, publicados em encontros técnicos, estão aqui resumidos em um fluxo simplificado. A Figura 1 ilustra o processo proposto no presente trabalho. O primeiro passo (a. Por que utilizar RPAS/Drone na aferição de empreendimentos?) explora características do uso do RPAS vivenciadas e obtidas na literatura. O segundo passo (b. Limitações de uso) traz um breve relato de restrições permanentes e transitórias relacionadas ao uso. No terceiro passo (c. Potencial de uso no acompanhamento de empreendimentos imobiliários) é apresentado o resumo de um estudo prévio realizado para identificar o potencial de uso da ferramenta no acompanhamento da execução de empreendimentos habitacionais e finalmente, no

quarto e último passo (d. 10 abordagens de uso) são exploradas as experiências vivenciadas com o uso da ferramenta RPAS nas diferentes fazes de produção de empreendimentos.

Figura 1: Fluxo do processo do presente trabalho



Fonte: O autor.

a. Por que utilizar RPAS/Drone na aferição de empreendimentos?

Popularmente conhecido como “drones” (zangão, traduzido do inglês, em alusão ao som emitido pelo equipamento), os equipamentos remotamente pilotados são também conhecidos por VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) e RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*). O termo VANT é considerado obsoleto pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), conforme entendimento expresso no DOC 10019, *Manual On RPAS* (BRASIL, 2019). O termo RPAS (relacionado ao sistema controle aeronave) e RPA (relacionado à aeronave), entre outras definições, são os referenciados na instrução ICA 100-40, “*Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro*” (BRASIL, 2023), e compõem a base de referência de termos, onde aplicável, relacionados ao presente trabalho. Buscando alinhamento com os textos originais referenciados, optou-se também por referenciar no texto os demais termos

Vanderhorst *et al.* (2019) classificam a implementação do RPAS considerando cinco aspectos, identificando na literatura uma tendência de ocorrência do crescimento do RPAS em cinco estágios. Um primeiro estágio está ligado a coleta de dados visuais e geométricos com o uso de sensores, câmera e LiDAR. Uma segunda etapa mostra o uso de sensores amplificados e diferenciados da primeira etapa, como para medidas de ruídos sonoros e gases. Um terceiro estágio vai além com a programação do RPAS, envolvendo a simulação do uso da ferramenta. Um quarto estágio remete a disponibilização de softwares e plataformas para complementar respostas obtidas com o RPAS na criação de modelos 3D. Finalmente, no último estágio, todo o sistema criado e testado será incorporado nas escolas e universidades com o objetivo de encorajar os empregos do amanhã.

O emprego do RPAS, no uso de suas funcionalidades mais básicas, está associado à obtenção de imagens. Este uso é amplamente utilizado já vem sendo utilizado no auxílio de atividades associadas à inspeção e manutenção de pontes, inspeção de fachadas, obras de infraestrutura e segurança no trabalho, para citar algumas das aplicações como o uso da imagem como produto obtido pelo RPAS. Outras tecnologias associadas ao equipamento são também estudadas nestas áreas,

mas o foco em sua funcionalidade mais básica não reduz o uso ou limita a complexidade e extensão do produto que pode ser obtido.

Pela sua simplicidade, o acesso às funcionalidades básicas promovidas pelo RPAS junto ao canteiro de obras torna sua escolha como a de maior potencial de uso. Além das questões técnicas que podem ser auxiliadas com o uso das imagens, o interesse comercial dos registros para efeito de marketing e divulgação do produto também podem ser considerados.

A seguir é apresentada a relação de algumas características associadas à utilização do RPAS no monitoramento de obra em substituição/complementação a vistoria usual no local.

- Baixo custo de obtenção do equipamento: A grande gama de modelos de RPAS, com destinação diversa conforme uso pretendido, apresenta relativo baixo custo de aquisição (HAM, *et al.*, 2016), (ZHOU; IRIZARRY; LU, 2018), (ZHOU; GHEISARI, 2018), (SABO; KULJIC; TIBOR, 2019), (ALBEAINO; GHEISARI, 2021) .
- Obtenção de imagens em visadas e perspectivas inviáveis para o observador ao nível do solo: o uso do equipamento possibilita a obtenção de registros em ângulos, alturas e distâncias superiores e estratégicas, possibilitando uma maior qualidade de registros. Esta característica permite uma visão mais completa e precisa da situação da obra e todo o desenvolvimento do canteiro associado a partir das fotografias aéreas e produtos fotogramétricos obtidos (ZHOU; GHEISARI, 2018), (ÁLVARES; COSTA, 2019).
- Possibilidade de interação com *stakeholders* (partes interessadas): imagens geradas por RPAS possuem maior amplitude e um número superior de informações, se comparadas aos registros usuais obtidos por profissionais no solo. Desta forma, o compartilhamento de imagens com demais partes envolvidas se torna objetivo e direto. O compartilhamento de uma imagem pode substituir dezenas de imagens que seriam necessárias para retratar uma mesma condição identificada no local da construção. Os recursos visuais obtidos possuem também a possibilidade de aplicação em treinamentos, documentação do projeto, e marketing (IRIZARRY; COSTA, 2016).
- Possibilidade de realização de parecer remoto: a maior qualidade dos registros obtidos possibilita a interpretação inequívoca das fotos por profissionais que não participaram das vistorias, mas que podem plenamente, com base no material fotográfico obtido por esta, emitir parecer e identificar o andamento físico das obras.
- Mínima interferência na execução dos trabalhos: O uso do RPAS é uma solução que possibilita a medição volumétrica com precisão de centímetros e com o mínimo de interrupção na condução dos demais trabalhos do canteiro (ANWAR; IZHAR; NAJAM, 2018).
- Baixa autonomia de tempo de voo: os equipamentos RPAS mais comuns no mercado possuem baterias com autonomia entre 20 e 30 minutos de voo, autonomia que pode ser crítica principalmente quando for pretendida a obtenção de modelos digitais ou operações de tempo prolongado (ASHOUR, *et al.*, 2016).
- Suscetibilidade à disponibilidade meteorológica (vistorias ao tempo): a utilização de equipamento RPAS está condicionada a condições meteorológica que permitam a operação do equipamento dentro de especificações estabelecidas previamente pelo fabricante e autoridades aeronáuticas.

- Necessidade de prévia autorização de voo: a utilização do equipamento RPAS está condicionada a autorização prévia de voo emitida pela autoridade aeronáutica e, na dispensa desta, das condicionantes para sua operação (locais próximos a aeroportos, densidade de edificações do entorno, interferências para operação segura entre outras condições).
- Risco de fraudes: risco associado à adulteração de imagens
- Riscos de segurança associados a utilização do equipamento: a operação do equipamento requer cuidados para a segurança do operador, profissionais no canteiro de obra e terceiros (IRIZARRY; COSTA, 2016).

b. Limitações de uso

A utilização do espaço aéreo brasileiro é sujeita às normas e condições estabelecidas, qualquer que seja a aeronave (BRASIL, 1986). Além de questões relacionadas a limitações legais, questões estratégicas e financeiras, entre outras, devem ser superadas para a implantação do uso do RPAS. Superadas questões relacionadas a implantação, limitações de ordem local devem ser observadas para a execução de cada operação. Superada esta segunda barreira, limitações de ordem operacional podem frustrar de forma temporária a realização da operação.

O atendimento de exigências legais de uso envolve:

- Comprovante aquisição RPAS (Nota Fiscal/Recibo). Embora não seja propriamente uma exigência legal, o comprovante de aquisição é documento comprobatório da regularidade do equipamento e informação solicitada para atendimento de outras exigências (seguro aeronáutico RETA - Responsabilidades do Explorador ou Transportador Aéreo, por exemplo).
- Registro do piloto (ANAC – sistema SISANT - Sistema de Aeronaves não Tripuladas). Certidão obtida de forma imediata, por meio do cadastro no sistema, com validade de 24 meses. Sistema disponível em <<https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133>>².
- Registro da aeronave (SISANT). Cadastro do modelo de RPAS utilizado em nome do piloto/responsável associado. No sistema também é possível fazer a transferência de equipamento para outro responsável, cadastro de RPAS para uso avançado, entre outras funcionalidades (BRASIL, 2022).
- Certificado de homologação ANATEL. RPAS são classificados como produtos transmissores e transceptores e fazem uso do espectro eletromagnético destinado aos serviços de interesse coletivo de radiodifusão (AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL), 2019).
- Seguro aeronáutico RETA. Seguro obrigatório para aeronaves com mais de 250g e que cobre danos a terceiros. A operação deve ser garantida pelos exploradores/operadores mediante contratação de seguro e realização da Avaliação de Risco Operacional para qualquer operação que não seja exclusivamente recreativa (BRASIL, 2020).
- Atendimento de demais exigências legais envolvidas. Estas exigências podem variar conforme tipo de equipamento utilizado, especificidades

² Acesso em 21 de outubro/2023.

da operação, proximidade com instalações sensíveis e alterações na legislação.

- Registro prévio do voo no sistema SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas), disponível em <<https://sarpas.decea.mil.br/login>>³.

c. Potencial de uso no acompanhamento de empreendimentos imobiliários

Buscando identificar, numa abordagem teórica, o potencial de uso do acompanhamento, foi realizado um estudo prévio. O método aplicado para o estudo prévio é caracterizado como indutivo. Neste processo, parte-se de dados particulares, suficientemente constatados, utilizado como intermédio para a inferência de relações gerais, não contidas nas partes examinadas. “O objetivo dos argumentos indutivos é levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam” (LAKATOS; MARCONI, 2003).

O estudo consistiu na ponderação de serviços que podem e que não podem ter sua evolução mensurada por um monitoramento com o uso de *RPAS*, considerar hipóteses de evolução dentro de uma obra e avaliar intervenções intermediárias ao uso de *RPAS* com a realização de vistorias complementares (*in loco*).

Para parametrização do estudo foi utilizado o Relatório de Custos por Características Física, código 13807, sigla R16_3N_78C_2017 (CAIXA, 2019). Para efeito de ilustração, perspectiva ilustrativa e planta do Projeto Referencial SINAPI 13807 são apresentadas na Figura 2. O projeto adotado é hipotético, sendo o material apenas ilustrativo e não possuindo vínculo com qualquer outro processo da instituição financeira (CAIXA, 2017).

Figura 2: Perspectiva ilustrativa da referência SINAPI 13807 (à esquerda) e planta da unidade tipo (à direita) da referência SINAPI 13807



Fonte: CAIXA, 2017.

O projeto referencial SINAPI 13807 é composto por 376 composições de serviços com suas descrições acompanhadas da fase, código da composição, descrição básica, unidade e quantidade. Na fase de separação das composições, estas receberem complementarmente dois marcadores, característica binária de visível (ou associada a uma atividade visível) ou não visível por um monitoramento com uso externo do *RPAS*. (quadro 1), alocando cada uma das composições nas atividades.

³ Acesso em 30 de outubro/2025.

Quadro 1: Atribuição de atividades e suas composições (se visível ou não visível ao RPAS).

FASES/SERVIÇOS	VISÍVEL  / NÃO VISÍVEL 	FASES/SERVIÇOS	VISÍVEL  / NÃO VISÍVEL 
SERVIÇOS PRELIMINARES		COBERTURA E PROTEÇÕES	
Limpeza do terreno		Cobertura / telhamento	
Locação da obra		Impermeabilização de cobertura	
FUNDAÇÕES		REVESTIMENTOS / PAVIMENTAÇÃO	
Fundações profundas		Revestimento de fachada	
Fundações rasas		Revestimentos internos (piso, parede e teto)	
SUPRAESTRUTURA		INSTALAÇÕES	
Estrutura em concreto armado		Instalações elétricas, telefone e TV	
PAREDES E PAINÉIS		Instalações hidráulicas e combate à incêndio	
Alvenarias externas (periferia, fachada)		Instalações de águas pluviais	
Alvenarias internas		Louças e metais sanitários	
ESQUADRIAS		COMPLEMENTAÇÕES	
Esquadrias externas (periferia, fachada)		Impermeabilizações de áreas internas	
Esquadrias e portas internas		Gradil externo	

Fonte: Adaptado de CAIXA, 2017.

Para o estudo prévio adotou-se a premissa de aferição por *RPAS* considerando a obtenção de fotos, recurso visual que, em comparação ao uso de vídeos e modelagem BIM, possui maior facilidade de transmissão e requer menor investimento em equipamento de processamento e armazenamento, tornando-se mais acessível a materialização de resultados em relatórios.

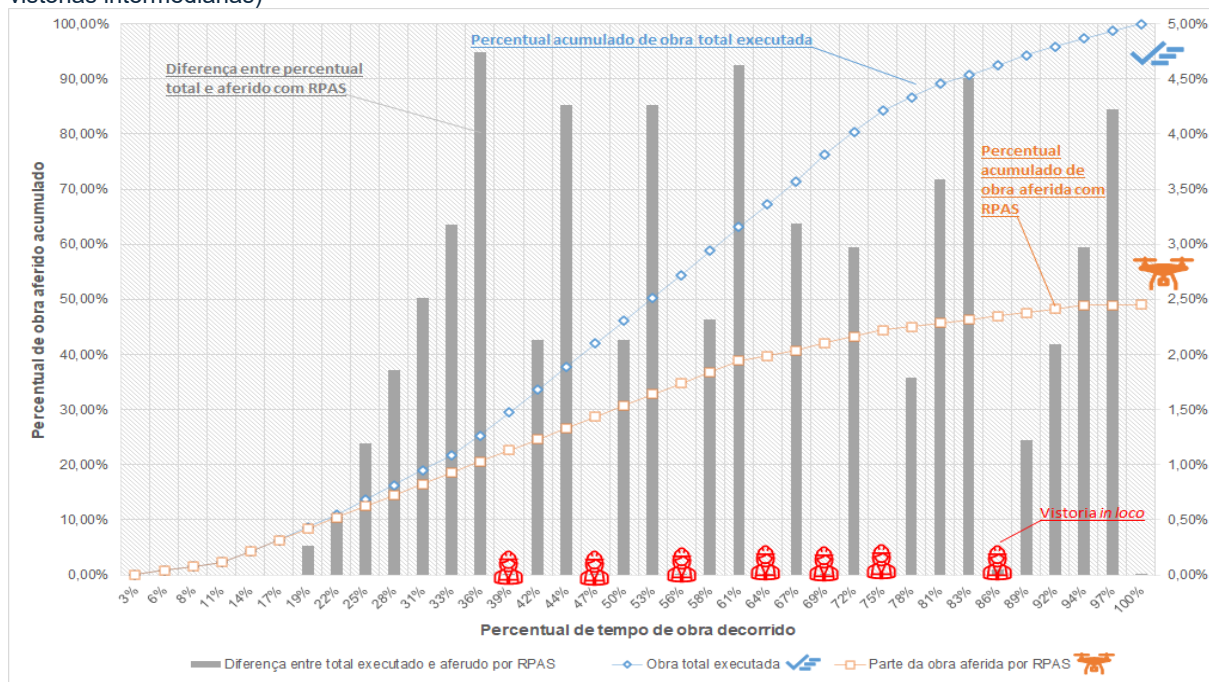
Após a elaboração do fluxo, foi atribuído um tempo relativo (percentual) de execução de cada atividade dentro do cronograma de obra. O percentual executado da atividade, e seu custo associado, determina o percentual executado de obra. Após esta etapa é possível obter o cronograma físico de realização de obra, com sua parcela visível e não visível por *RPAS*.

Obtido o cronograma previsto da obra e sua parcela visível (aferível por *RPAS*) e total, é possível identificar uma curva de desenvolvimento acumulado das duas parcelas que compõe a obra, sendo a primeira parcial e a segunda total.

Essa diferença pode ser corrigida pela alternância com uma vistoria realizada *in loco* pelo método convencional de vistoria ou uso de tecnologia que possibilite a aferição da parte interna da obra. Esta diferença, fator que implica em uma quantidade maior ou menor de vistorias realizadas *in loco*, pode ser alterada para outro percentual, desde que previamente pactuada entre as partes envolvidas.

A Figura 3 identifica a curva de execução total e aferível por *RPAS* bem como a diferença acumulada entre estas duas curvas (prevista e realizada). Pode-se observar o planejamento do uso do monitoramento através de *RPAS* no primeiro terço da obra, situação em que geralmente a obra encontra-se até o quarto pavimento e a composição majoritária de serviços executados apresentam-se acessíveis/visíveis ao uso da tecnologia.

Figura 3: Evolução percentual do acompanhamento da fração de obra passível de aferição por RPAS, sua evolução frente a evolução total de obra aferida e a diferença acumulada entre as duas evoluções (corrigida em eventuais vistorias intermediárias)



Fonte: o autor.

d. 10 abordagens de uso

Na abordagem de uso foram utilizados os equipamentos ilustrados na Figura 4 e Figura 5.

Figura 4: RPA modelo PHANTOM 3 SE



Fonte: Fabricante (DJI)⁴

Figura 5: RPA Mini 2 SE



Fonte: Fabricante (DJI)⁵

i. Vistoria terrenos MCMV

O auxílio do RPAS em vistorias de terreno engloba, em atendimento a previsão normativa, a confirmação e registro da adequação do terreno e entorno para o fim a que se destina, além do atendimento aos requisitos técnicos normatizados.

O uso do RPAS nesta fase tem possibilitado um amplo registro do entorno do terreno. A experiência com o uso do RPAS tem se mostrado valiosa no registro de

⁴ Disponível em <<https://www.dji.com/br/phantom-3-se>>. Acessado em: 30 out. 2025.

⁵ Disponível em <<https://www.dji.com/br/mini-2-se>>. Acessado em: 30 out. 2025.

limites do terreno entre lotes e seus confrontantes (Figura 6). A possibilidade de associar as imagens obtidas com o RPAS e confrontar com imagens obtidas no Google Maps é um outro recurso que pode ser utilizado, com resultados bastante interessantes dentro de cada processo/contrato.

A presença de ocupação no terreno ou eventual conflito de ocupação com imóveis limítrofes é um outro ponto explorado. O uso do RPAS permite o registro destas situações possibilitando uma menor exposição do técnico/vistoriador e registro inequívoco de situações com a pretensão de registro (Figura 7).

Figura 6: Vista geral de terreno proposto MCMV e entorno.



Fonte: Arquivo unidade, APF "A"

Figura 7: Vista geral de terreno proposto MCMV com sinais de ocupação e entorno.



Fonte: Arquivo unidade, APF "B"

Ponto sensível quanto a questões ambientais, o registro de composições arbóreas do terreno por ocasião da vistoria permite comparar com estudos, projetos ou histórico de imagens disponíveis, a estrutura de composição da vegetação (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8: Composição arbórea de terreno com pretendida implantação de empreendimento habitacional.



Fonte: Arquivo unidade, APF "G"

Figura 9: Composição arbórea de terreno com pretendida implantação de empreendimento habitacional.



Fonte: Arquivo unidade, APF "G".

O acesso à visualização de limites do terreno, inacessíveis na forma convencional pela presença de semoventes, vegetação densa ou terreno acidentado, por exemplo, é um outro ponto de destaque no uso do RPAS para registro de vistorias de terreno. Como exemplo, a Figura 10 representa o registro fotográfico convencional realizado nos limites de um terreno com vegetação alta e presença de gado em seu interior. A Figura 11 ilustra o mesmo terreno com o uso do RPAS.

Figura 10: Registro fotográfico no nível do terreno para estudo destinado a implantação de loteamentos



Fonte: Arquivo unidade, APF "C"

Figura 11: Registro fotográfico com o auxílio de RPAS para estudo destinado a implantação de loteamentos



Fonte: Arquivo unidade, APF "C".

ii. Serviços de terraplenagem

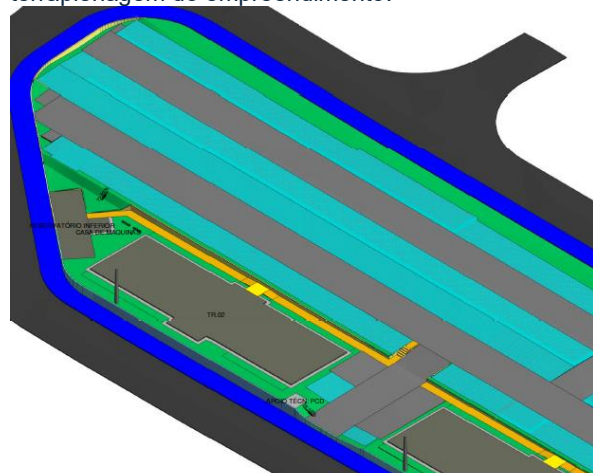
Envolvendo um volume de recursos que pode chegar a 10% do primeiro terço da obra e a 20% considerando apenas os custos de infraestrutura e urbanização, o suporte do RPAS no acompanhamento do empreendimento na fase de terraplenagem possibilita o registro da execução (Figura 12) e uma comparação direta com projetos previstos (Figura 13), permitindo uma comparação clara entre os trabalhos em andamento e a previsão de execução.

Figura 12: Serviço de terraplenagem executado *in loco*.



Fonte: Arquivo unidade, APF "E"

Figura 13: Previsão em projeto de níveis finais da terraplenagem do empreendimento.



Fonte: Arquivo unidade, APF "E"

No suporte de uma situação específica, o uso das imagens permitiu esclarecimento de medição realizada. No caso específico, mais de cinco empresas credenciadas diferentes já haviam passado pelo empreendimento, apurando a realização de serviços de terraplenagem associados ao estacionamento do empreendimento em mais de 70% do serviço previsto. Na fase de execução, as frentes de trabalho deste tipo/fase de obra estão por diversas vezes inacessíveis e as imagens registradas pelo método convencional (Figura 14) não permite uma completa interpretação do volume de obras realizadas frente ao projeto final previsto (Figura 15).

Figura 14: Serviço de terraplenagem junto a talude de empreendimento realizado de forma convencional.



Fonte: Arquivo unidade, APF "D"

Figura 15: Configuração em projeto de estacionamento do empreendimento.



Fonte: Arquivo unidade, APF "D"

A utilização do RPAS permitiu o registro de imagens que possibilitaram o entendimento adequado de empresas credenciadas (Figura 16) e uma argumentação simplificada de reconsideração de eventos aferidos na PLS junto ao proponente/cliente.

Figura 16: Serviço de terraplenagem junto a talude de empreendimento realizado de forma convencional.



Fonte: Arquivo unidade, APF "D"

iii. Infraestrutura não incidente (externa ao condomínio)

Com custos que podem superar a execução do próprio empreendimento, a execução do andamento de obras não incidentes deve ser verificada a cada vistoria. Geralmente associada a obras extensas (como pavimentação ou extensão de redes de água, esgoto e drenagem), o histórico de registro de imagens com o uso do RPAS permite acompanhar a evolução dos serviços realizados (Figura 17 e Figura 18), fornecendo suporte para questões relacionadas a repactuação de cronograma e revalidação de garantias envolvidas junto ao proponente.

Figura 17: Obras não incidentes do empreendimento em fase inicial.



Fonte: Arquivo unidade, APF "F"

Figura 18: Obras não incidentes do empreendimento em fase intermediária.



Fonte: Arquivo unidade, APF "F"

iv. Condomínio habitacional horizontal - fase de fundações

Uma característica comum aos empreendimentos horizontais é a extensão das construções com avanços pontuais em cada trecho executado. O registro das vistorias de empreendimentos que facilmente ultrapassam 200 casas com diversos subconjuntos em distintas fases deve contemplar a extensão deste trabalho compactando seu registro da forma mais direta possível.

A abordagem convencional, percorrer a obra e aferir cada casa/conjunto de casas com sua fase de execução e aferição da PLS torna-se um trabalho que dificilmente produzirá um RAE (Relatório de Acompanhamento de Empreendimento) que possa traduzir integralmente o estágio de obra identificado por ocasião da vistoria.

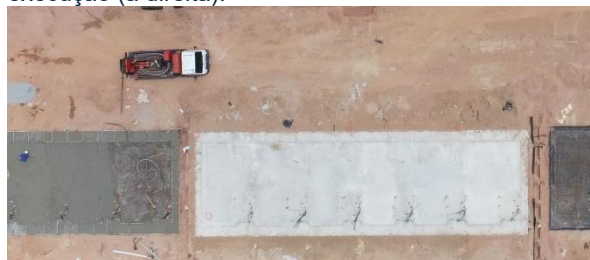
O uso do RPAS permite identificação exata do posicionamento das unidades em produção (Figura 19) com o registro dos detalhes de diferentes fases da execução de cada casa/conjunto de casa (Figura 20).

Figura 19: Vista geral de execução de empreendimento habitacional horizontal.



Fonte: Arquivo unidade, APF "H"

Figura 20: detalhe de execução de obras de empreendimento habitacional horizontal em três fases distintas: concretagem de radier/laje térrea em execução (à esquerda), executada (centro) e antes de execução (à direita).



Fonte: Arquivo unidade, APF "H"

O registro amplo das imagens, em contraposição ao registro obtido no método convencional, possibilita mitigar registros inconclusivos ou enviesados, propiciando a identificação exata da fase de execução do serviço (Figura 21).

Figura 21: Execução de tubulações de esgoto em empreendimento habitacional horizontal com execução da cobertura de terra nas frentes centrais da foto.



Fonte: Arquivo unidade, APF "H"

v. Condomínio habitacional horizontal - fase de superestrutura e cobertura

Com similaridade a questões já abordadas na fase de fundações, extensão das construções com avanços pontuais em cada trecho executado, a fase de superestrutura e cobertura de condomínios habitacionais horizontais passa a perceber um incremento substancial no avanço percentual de obra a cada serviço realizado.

Experiências vivenciadas no acompanhamento realizado com o auxílio de RPAS identificaram que o registro amplo e instantâneo do andamento global do empreendimento pode ser mais relevante do que o levantamento da condição de cada casa e suas particularidades internas no processo de execução (Figura 22 e Figura 23).

Figura 22: Obra de condomínio habitacional horizontal com fases diversas de execução (paredes térreas, laje primeiro pavimento, paredes primeiro pavimento e cobertura).



Fonte: Arquivo unidade, APF "I"

Figura 23: Obra de condomínio habitacional horizontal com fases diversas de execução fase de fundação, paredes térreas e laje de cobertura).



Fonte: Arquivo unidade, APF "J"

Esta experiência observada, que precisa ser ponderada caso a caso e conforme a fase do empreendimento, teve impacto direto na forma e potencial de custos envolvidos no acompanhamento, onde observou-se que o RPAS pode propiciar levantamentos mais rápidos e com menor custo (menor necessidade de unidades vistoriadas internamente), resultando em economia de tempo e menor remuneração segunda a regra do edital de credenciamento, obtendo-se um resultado com registros com qualidade superior em comparação ao registro realizado pelo método convencional.

vi. Condomínio habitacional vertical - fase de fundações

Em comparação à fase similar de condomínios habitacionais horizontais, condomínios habitacionais verticais apresentam uma concentração no desembolso de recursos das torres. Nestes empreendimentos, observa-se que praticamente todo o primeiro terço da obra poderia ser acompanhado com o auxílio de RPAS sem a necessidade de vistorias internas, uma vez que os serviços realizados estão praticamente todos visíveis nas imagens aéreas obtidas (ou incorporados às estruturas visíveis).

Até a execução do terceiro pavimento, empreendimentos habitacionais em condições convencionais de execução (geralmente) apresentam pouco ou nenhum avanço de serviços exclusivamente internos. Os pavimentos inferiores ao terceiro pavimento estão com cimbramentos e os serviços executados são apenas os incorporados à estrutura (caixinhas de passagem tubulação seca de elétrica, por exemplo). Similar ao observado no acompanhamento de fundações de condomínios habitacionais horizontais, o uso do RPAS auxilia identificar a fase de execução dos alicerces de cada torre, mesmo que em diferentes fases de execução (execução de estacas / preparo da transição / concretagem do pavimento térreo – Figura 24 e Figura 25)

Figura 24: Torres de um mesmo empreendimento em diferentes etapas de execução (execução de estacas / preparo da transição / concretagem do pavimento térreo).



Fonte: Arquivo unidade, APF "K"

Figura 25: Torres de um mesmo empreendimento em diferentes etapas de execução (preparo de armadura do térreo para concretagem / execução da estrutura).



Fonte: Arquivo unidade, APF "K"

Comparado ao formato usual de registro de obras (Figura 26), o registro com o uso do RPAS propicia um registro completo do estágio de execução (Figura 27), compondo um registro completo e que possibilita usos posteriores (constatação de execução, suporte na investigação/contestação de vícios de construção, por exemplo).

Figura 26: Registro usual da finalização de concretagem dos blocos e vigas da fundação



Fonte: Arquivo unidade, APF "AA"

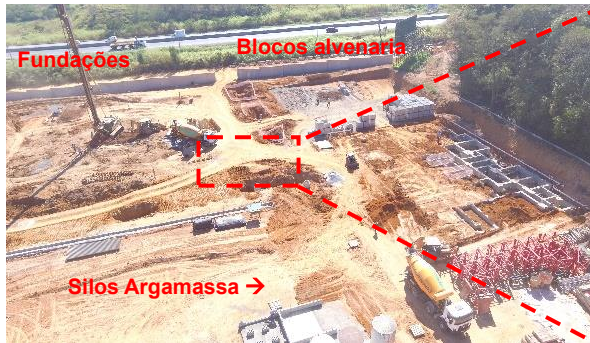
Figura 27: Registro com RPAS da finalização de concretagem dos blocos e vigas da fundação.



Fonte: Arquivo unidade, APF "AA"

A qualidade e alta resolução de imagens obtidas pode auxiliar no registro de detalhes de construção no solo e implantação de infraestrutura. A imagem obtida com a visão geral do avanço do canteiro de obras (Figura 28), identificando a execução de fundações de uma das torres, local de guarda de blocos e silos de argamassas (entre outras diversas informações disponíveis), possibilita identificar detalhes da execução da escavação e instalação de poços de visita do sistema de drenagem (Figura 29).

Figura 28: Vista geral da execução da infraestrutura de condomínio residencial



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

Figura 29: Detalhe de registro da rede de drenagem em execução



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

A averiguação da execução de caixas de gordura e caixas de inspeção de esgoto junto a laje radier recém executada (Figura 31) também podem ser identificadas no amplo registro do radier executado (Figura 30).

Figura 30: Vista geral da laje térrea da edificação em execução



Fonte: Arquivo unidade, APF "AB"

Figura 31: Detalhes de caixas de gorduras e de inspeção de esgoto junto ao embasamento da edificação



Fonte: Arquivo unidade, APF "AB"

vii. Condomínio vertical habitacional - fase de superestrutura e cobertura

Em comparação à fase similar de condomínios habitacionais horizontais, condomínios habitacionais verticais apresentam uma concentração no desembolso de recursos das torres. Nestes empreendimentos, observa-se que praticamente todo o primeiro terço da obra poderia ser acompanhado com o auxílio de RPAS sem a necessidade de vistorias internas, uma vez que os serviços realizados estão praticamente todos visíveis nas imagens aéreas obtidas (ou incorporados às estruturas visíveis).

Figura 32: Obras não incidentes do empreendimento em fase inicial.



Fonte: Arquivo unidade, APF "L"

Figura 33: Obras não incidentes do empreendimento em fase intermediária.



Fonte: Arquivo unidade, APF "M"

Nestes empreendimentos, observando-se principalmente em obras com sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local, a velocidade de resposta entre a realização da vistoria e liberação da parcela torna-se um fator crítico perante o volume de recursos envolvidos – considerando a média de 20 dias úteis por mês, 2 dias de atraso podem corresponder a mais de 10% de defasagem da medição. Em um período inferior a 70 dias, 17 pavimentos são consolidados (vide evolução na Figura 34, Figura 35 e Figura 36). O uso do RPAS possibilita a busca de ângulos externos à obra, em locais inacessíveis para a obtenção do registro, documentando

de forma clara este avanço, indicando também a evolução da instalação de esquadrias.

Figura 34: Execução de torre com a concretagem do pavimento térreo finalizada (foto de 17/10/24).



Fonte: Arquivo unidade, APF "O"

Figura 35: Execução de torre com a concretagem do 16º pavimento finalizada (foto de 05/12/24).



Fonte: Arquivo unidade, APF "O"

Figura 36: Execução de torre com a concretagem da estrutura finalizada (foto de 13/02/25).



Fonte: Arquivo unidade, APF "O"

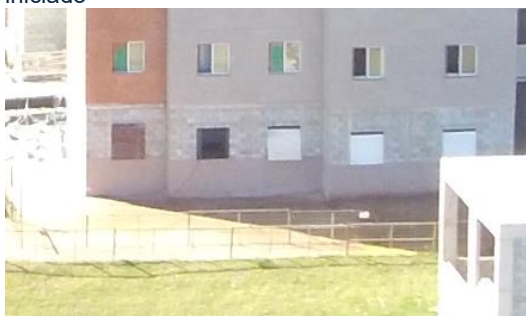
A qualidade e alta resolução dos recursos visuais obtidos auxiliam no registro de fases distintas da execução da edificação. Mesmo os registros de maior amplitude resguardam os detalhes de execução, como a ausência de revestimentos identificada na Figura 37, onde é visível o desenho dos blocos de concreto que compõem a estrutura da edificação, e um outro registro da mesma obra na Figura 38, onde identifica-se claramente iniciada a execução do revestimento externo a partir da primeiro pavimento, a execução de um barrado de impermeabilização na meia parede inferior do térreo e a meia parede superior do térreo ainda sem qualquer revestimento. A Figura 39 e Figura 40 registram as fotos originais dos detalhes explorados, com toda sua amplitude.

Figura 37: Edificação em obra ainda sem revestimento



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

Figura 38: Edificação em obra com revestimento iniciado



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

Figura 39: Imagem original detalhada na Figura 37



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

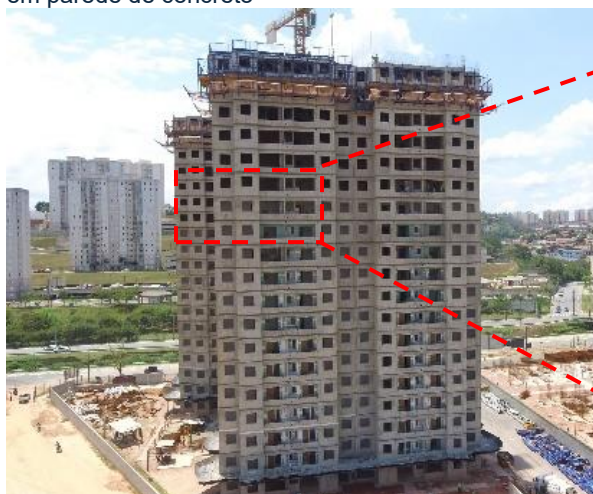
Figura 40: Imagem original detalhada na Figura 38



Fonte: Arquivo unidade, APF "X"

Sua funcionalidade de ampla perspectiva associada a alta resolução de recursos visuais permite ainda, mesmo que indiretamente e indo além do uso que o presente trabalho busca explorar, a identificar e registrar indiretamente o avanço de revestimentos em ambientes internos. Como uma referência ao andamento da obra - e não ao monitoramento do percentual de serviço executado - a Figura 41 apresenta o registro fotográfico geral da execução de obra em parede de concreto. A Figura 42 traz o detalhamento do registro, onde é possível identificar no arquivo original a execução do revestimento interno no 11º pavimento na torre A (edificação aos fundos) e 12º pavimento na torre B (edificação no primeiro plano da imagem), além da execução dos fechamentos internos parciais em *drywall* desta torre.

Figura 41 - Registro geral da execução de edificação em parede de concreto



Fonte: Arquivo unidade, APF "AB"

Figura 42 - Detalhe de registro geral onde é possível identificar unidades que receberam/não receberam revestimento interno e a execução de fechamento interno em *drywall*



Fonte: Arquivo unidade, APF "AB"

Drywall

viii. Edifício garagem

O acompanhamento de edifícios garagem, considerando principalmente a particularidade quando estes são executados com elementos pré-fabricados de concreto, tem observado dinâmicas diversas na configuração da estrutura e processo de execução.

Como exemplo, enquanto contratos de aquisição e pagamento de elevadores apresentam longos períodos de pagamento antes do início da instalação, que por vezes ocorre com o pagamento perfazendo mais de 80% do contrato previsto, estruturas executadas com elementos pré-fabricados de concreto iniciam a sua execução em períodos próximos ao contrato firmado. Nesta dinâmica, observa-se que estas obras passam, em curto espaço de tempo, a perceber uma maior relevância no percentual de estrutura executada em comparação às faturas efetivamente pagas, passando a serem mensuradas pela forma convencional (aferição do serviço finalizado). Registros amplos tornam mais fácil a tarefa de comparar a projeção de estruturas executadas com a previsão de projeto (Figura 43 e Figura 44).

Figura 43: Execução de edifício garagem em etapa inicial de execução.



Fonte: Arquivo unidade, APF "Q"

Figura 44: Execução de edifício garagem em etapa de conclusão de execução.



Fonte: Arquivo unidade, APF "Q"

As estruturas em execução apresentam avanço de sua volumetria de forma diversa, com partes dos pavimentos executadas de forma independente (Figura 45). Esta dinâmica demanda a consideração de eixos e pavimentos executados, numa abordagem que considere a proporção de execução. O uso do RPAS possibilita o registro de imagens que auxiliam nas discussões junto a proponente quanto a proporções realizadas.

Figura 45: Execução de edifício garagem, com parte da estrutura no último pavimento (à esquerda da foto) e outra parte ainda não iniciada (à direita da foto).



Fonte: Arquivo unidade, APF "P"

ix. Vistoria de conclusão de obra

Objetivo de todos os contratos de habitação, a conclusão do empreendimento é a fase de finalização do compromisso técnico. Esta é uma fase de transição dos registros fotográficos também, que deixam de ter uma característica prioritariamente técnica e podem ser apreciadas por todos os envolvidos com a concretização do projeto. Os registros desta fase preservam uma série de evidências importantes de serem materializadas. Integridade e acabamento das torres, passeios de pedestres, circulação de veículos, paisagismo e áreas de lazer de empreendimentos são os elementos de maior impacto que podem ser registrados (Figura 46). Observando-se atentamente a detalhes, elementos de menor magnitude em registros fotográficos, mas não menos importantes para a conclusão dos empreendimentos, como rufos no perímetro das edificações, sistemas de proteção atmosférica, sinalização aérea, posteamento elétrico e de iluminação geral, entre outros elementos, também ficam materializados (Figura 47).

Figura 46: Empreendimento em fase de conclusão.



Fonte: Arquivo unidade, APF "R"

Figura 47: Empreendimento em fase de conclusão.



Fonte: Arquivo unidade, APF "R"

A constatação de elementos pendentes de finalização, ou discussão acerca de divergências entre acabamentos executados e previstos no memorial, também tem o registro facilitado com o uso do RPAS (Figura 48 e Figura 49).

Figura 48: Obra finalizada com ausência/divergência de revestimento externo na cobertura.



Fonte: Arquivo unidade, APF "S"

Figura 49: Detalhe de ausência/divergências de revestimento externo na cobertura da edificação.



Fonte: Arquivo unidade, APF "S"

x. Pós entrega – Programa de Olho na Qualidade

O uso do RPAS em demandas após a finalização e entrega do empreendimento, principalmente envolvendo questões com abordagem voltada a considerações acerca de vícios de execução, na fase administrativa ou judicial, possibilita a obtenção de imagens que podem auxiliar na elucidação de questões entre as partes ou o convencimento da autoridade judicial.

Em ocasiões em que foi utilizado, as imagens obtidas possibilitaram delimitar de forma conclusiva as áreas que necessitavam de intervenção e discutir o tipo de intervenção a ser implantado (Figura 50 e Figura 51).

Figura 50: Obras não incidentes do empreendimento em fase inicial.



Fonte: Arquivo unidade, APF "T"

Figura 51: Obras não incidentes do empreendimento em fase intermediária.



Fonte: Eng. J. C. F. C. Arquivo unidade, APF "T"

xi. Bônus I – Obras infraestrutura

Não restrito ao acompanhamento de empreendimentos habitacionais, o uso do RPAS pode auxiliar diversos outros tipos de obras e acompanhamento da aplicação de recursos, como contratos de repasse para a execução de viadutos (Figura 52). A ferramenta também já vem sendo utilizada por prefeitura municipais, possibilitando o acompanhamento de contratos de pavimentação e o registro da conclusão de objetivos contratados (Figura 53).

Figura 52: Registro de viaduto executado em contrato com acompanhamento da GIGOV/REGOV.



Fonte: Arquivo unidade, APF "U"

Figura 53: Registro de serviços de pavimentação registrado por ortomosaico de fotos obtidas com o uso de RPAS em contrato com acompanhamento da GIGOV/REGOV.



Fonte: Prefeitura "V", APF "V"

xii. Bônus II – Acompanhamento PF (Pessoa Física)

Uma situação por vezes experimentada no acompanhamento de empreendimentos PF é a dificuldade no acesso a cobertura para confirmar a execução de serviços como o madeiramento, calhas, rufos, colocação de telhas e impermeabilização, por exemplo. A visão ao nível do solo não permite a confirmação

de execução destes serviços (Figura 54). Andaimos improvisados ou escadas feitas em obras podem ser, em alguns casos, a única opção para o profissional credenciado confirmar a execução. O uso do RPAS nestes casos possibilita a confirmação da execução de serviços realizados na cobertura (Figura 55), mitigando eventuais riscos no uso de estruturas improvisadas.

Figura 54: Visão de obra PF em execução a partir do nível do solo.



Fonte: Eng. A. M.

Figura 55: Visualização de cobertura de obra PF em andamento com uso do RPAS.



Fonte: Eng. A. M.

xiii. Bônus III – Avaliação de garantias

Na avaliação de imóveis propostos como garantia de operações podem ocorrer situações estruturais ou condições, no terreno ou seu entorno, indutivas de potencial de contaminação fiquem ocultas a visualização do técnico em registros realizados ao nível do solo (Figura 56). O uso do RPAS nestes casos possibilita a confirmação (ou exclusão) de condições que podem ser identificadas visualmente (Figura 57), mitigando ou simplificando, com o uso das imagens obtidas, discussões posteriores acerca do tema com o uso das imagens obtidas.

Figura 56: Exemplo de vista de terreno em avaliação de garantia a partir do nível usual de registro.



Fonte: Eng. A. M.

Figura 57: Exemplo de vista de terreno em avaliação de garantia com o uso do RPAS.



Fonte: Eng. A. M.

4. IMPACTOS E RESULTADOS

Os resultados obtidos com o uso do RPAS, identificados no presente trabalho em mais de 20 empreendimentos, com uso em fases distintas e cobrindo todas as fases de produção de empreendimentos, buscam confirmar os benefícios no seu uso.

No desenvolvimento de boas práticas identificadas, interação com profissionais de outras áreas (REGOV/GIGOV e empresas credenciadas) que fazem uso do RPAS ou participam de discussões relacionadas ao tema possibilitou o registro de situações complementares, além de consolidar percepções relacionadas às abordagens inicialmente propostas.

As imagens obtidas e seu uso descrito nas 13 abordagens de uso (10 + 3 “bônus”) apresentam exemplos de usos e “boas práticas” identificadas. Todas as situações descrevem situações reais de contratos e os benefícios produzidos pelo uso do RPAS.

Foram apresentadas também sugestões para uma maior inserção do RPAS no acompanhamento de obra, como a possibilidade de um maior espaçamento entre vistorias convencionais nas fases em que a obra tem seus serviços realizados perceptíveis nos registros de imagens geradas por RPAS.

Em continuidade ao trabalho realizado e como foco de interesse para estudos futuros, a busca por uma maior automação do uso do RPAS é um tema de interesse a ser estudado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (BRASIL). A partir de hoje, produtos de telecomunicações estão isentos da taxa de homologação. **ANATEL**, 25 out. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/a-partir-de-hoje-produtos-de-telecomunicacoes-estao-isentos-da-taxa-de-homologacao>.

Acesso em: 30 out. 2025.

ALBEAINO, GILLES; GHEISARI, MASOUD. Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial system in the construction industry: a survey study in the United States. **Journal of Information Technology in Construction**, mar. 2021. 84-111.

ÁLVARES, J. S.; COSTA, D. B. Construction Progress Monitoring Using Unmanned Aerial System and 4D BIM. **Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)**, Dublin, Ireland, 2019. 1445-1565. Disponível em: www.iglc.net.

ANWAR, NAVEED; IZHAR, MUHAMMAD AMIR; NAJAM, FAWAD AHMED. Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). **The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10)**, 2018.

ASHOUR, REEM *et al.* Site Inspection Drone: A Solution for Inspecting and Regulating Construction Sites. **59th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)**, 2016.

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565compilado.htm. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Tribunal de Contas da União, Brasília, DF, p. 98, 2009. Disponível em: <https://www.sop.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/30/2011/10/obraspublicastcu.pdf>. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. Manual de Auditoria de Obras Públicas - Parte I, Brasília, DF, 2018. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/44975/5/Manual_de_Auditoria_de_Obras_Publicas.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Qual a diferença entre drone, VANT e RPAS?, 2019. Disponível em: <https://ajuda.decea.mil.br/base-de-conhecimento/qual-a-diferenca-entre-drone-vant-e-rpas/>. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão 1079/2019 - Auditoria operacional com o objetivo de elaborar um diagnóstico sobre as obras paralisadas no país financiadas com recursos da União, 15 maio 2019. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/obras-paralisadas-no-pais-causas-e-solucoes>. Acesso em: 2025 out. 30.

BRASIL. Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 100-40/2020. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**, jun. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/cartografia/divcar/2021/ica_100-40_trafegoaereo_22_05_2020.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Novo SISANT, 09 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/novo-sisant>. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 100-40/2023. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**, 03 jul. 2023. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 30 out. 2025.

CAIXA. **SINAPI - Projeto Referencial - Ficha Técnica do Projeto**. [S.l.]. 2017.

CAIXA. **SINAPI - Projeto Referencial - Relatório de custos por características Física - 13807 - Bloco de 18 pavimentos**. [S.l.]. 2019.

HAM, YOUNGJIB *et al.* Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works. **Visualization in Engineering**, 2016.

IRIZARRY, JAVIER; COSTA, DAYANA BASTOS. Exploratory Study of Potential Applications of Unmanned Aerial Systems for Construction Management Tasks. **Journal of Management in Engineering**, 2016.

LAKATOS, EVA MARIA; MARCONI, MARINA D. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 5ª ed. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MIRANDA, A. C. O.; MATOS, C. R. Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU**, n. 133, maio 2015. 10. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1302>. Acesso em: 30 out. 2025.

SABO, ANITA; KULJIC, BOJAN; TIBOR, SZAKALL. Practical application of the drone technology in civil engineering, 2019.

VANDERHORST, HAMLET REYNOSO; SURESH, SUBASHINI; SURESH, RENUKAPPA. Systematic Literature Research of the Current Implementation of Unmanned Aerial System (UAS) in the Construction Industry. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, set. 2019. 416-428.

ZHOU, SHI; GHEISARI, MASOUD. Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review. **Construction Innovation**, 2018. 453-468.

ZHOU, Zhipeng; IRIZARRY, Javier; LU, Ying. A Multidimensional Framework for Unmanned Aerial System Applications in Construction Project Management. **Journal of management in engineering**, 34, n. 3, 2018.