

# INSPEÇÃO DE FACHADAS DE EDIFICAÇÕES COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

## INSPECTION OF BUILDINGS FAÇADES WITH UNMANNED AERIAL VEHICLE (VANT)

Valdir Moraes Pereira

*Doutor, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – POLI-USP, São Paulo, SP, Brasil, valmop@gmail.com*

### Resumo

Novas tecnologias têm sido usadas em todas as áreas do conhecimento visando facilitar as atividades que antes eram realizadas de forma tradicional. No Brasil, o projeto de fachadas ainda não é muito difundido e, na prática, a inspeção após a execução é realizada com o uso de binóculos pelo engenheiro responsável pela obra. Outra maneira de inspeção é com o uso de balancins, o que torna a atividade perigosa e com a necessidade de treinamentos para trabalho em altura. No entanto, algumas técnicas inovadoras têm sido usadas para essa finalidade, como o uso de câmeras térmicas e uso de veículos aéreos não-tripulados (VANTs). Estas técnicas buscam melhorar a eficiência da inspeção e possibilita que a avaliação seja realizada por meio de análise de imagens e com o uso de tecnologias mais sofisticadas. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar a inspeção de fachadas com VANT de duas edificações em construção na região metropolitana de São Paulo-SP, avaliando os principais problemas encontrados e as vantagens e desvantagens do seu uso para a inspeção. As inspeções foram realizadas por meio de análise visual das imagens geradas pelo VANT. Observou-se que os principais problemas encontrados nas fachadas foram na textura e/ou revestimento aplicado como no final da fachada, bem como problemas na pintura e em juntas. O uso do VANT mostrou-se promissor, principalmente, devido à rapidez para realização das capturas de fotos. As principais desvantagens observadas foram a troca de baterias do VANT que pode prejudicar o tempo de inspeção e o distanciamento entre o VANT e a fachada que pode prejudicar a visualização de pequenas patologias.

Palavras-chave: Fachadas, inspeção, patologias, veículos aéreos não-tripulados, VANT.

### Abstract

*New technologies have been used in all areas of knowledge to facilitate activities that were previously performed in a traditional way. In Brazil, the design of facades is still not widespread and, in practice, the inspection after the execution is carried out with the use of binoculars by the engineer responsible for the work. Another way of inspection is with the use of rocker arms, which makes the activity dangerous and requires training for working at heights. However, some innovative techniques have been used for this purpose, such as the use of thermal cameras and the use of unmanned aerial vehicles (VANTs). These techniques seek to improve inspection efficiency and allow the evaluation to be performed through image analysis and with the use of more sophisticated technologies. In this sense, the present work aims to present the inspection of facades with VANT of two buildings under construction in the metropolitan region of São Paulo-SP, evaluating the main problems encountered and the advantages and disadvantages of its use for inspection. The inspections were carried out through visual analysis of the images generated by the VANT. It was observed that the main problems found on the facades were in the texture and/or coating applied as at the end of the facade, as well as problems in painting and joints. The use of the VANT proved to be promising, mainly due to the speed at which photo captures were performed. The main disadvantages observed were the replacement of VANT batteries, which can affect the inspection time, and the distance between the VANT and the facade, which can impair the visualization of small pathologies.*

**Keywords:** *Façades, inspections, pathologies, unmanned aerial vehicle, VANT.*

©UNIS-MG. All rights reserved.

## 1 INTRODUÇÃO

A grande evolução tecnológica em todas as áreas do conhecimento é uma tendência emergente que busca facilitar, agilizar e gerar dados mais precisos em projetos domésticos e industriais (Insrair et al., 2021). O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) teve um grande crescimento nos últimos anos, intensificando-se, principalmente, devido às suas aplicações. O que anteriormente era de exclusividade de uso militar, agora também, está presente em diversas outras áreas (Ballesteros; Junior, 2019). Na construção civil, apesar de pouco difundido, tem-se usado VANTs, principalmente, em atividades de inspeção de obras de arte (pontes e viadutos), rodovias, portos e barragens (Zhang, 2008). Propostas para monitorar o gerenciamento da execução de obras com o uso de VANTs já vem sendo avaliadas e usadas (Costa et al., 2016; Hung et al., 2018, Insrair et al., 2021). Além disso, é possível também usar sensores acoplados em VANTs para capturar dados que possam ser usados para gerar uma nuvem de pontos para avaliar a geometria de edificações (Roca et al., 2013).

Zhang cita como ambientes vantajosos para fiscalização de obras com VANTs, obras de infraestrutura e transportes, como na construção de estradas, por exemplo, onde para verificar diversos quilômetros de estradas é mais viável o uso de um drone, que permite, em questão de minutos, identificar fissuras, trincas e possíveis relevos em um trecho recém executado. Podem ser citadas também as estruturas de pontes, que fazem conexões com estradas, e necessitam de cuidados com suas estruturas, principalmente relacionadas as juntas de dilatação, que requerem inspeções e manutenções frequentes.

Novas técnicas para investigação de patologias em fachadas de edificações tem sido cada vez mais utilizadas, como avaliação de fissuras com o uso de câmeras térmicas (Bauer, Milhomem and Aidair, 2018) e com o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) (Roca et al., 2013, Ruiz et al., 2021).

A fachada, bem como seus componentes, pode ser considerada um dos aspectos mais importantes do projeto de um edifício, como também um dos mais problemáticos. A vida útil e o desempenho de fachadas dependem de combinações integradas de projeto, execução e manutenção; além disso, a fachada também influencia os custos de construção e manutenção da edificação. Por isso, a inspeção após a sua execução possui grande importância (Parfitt, 2007; Oliveira and Melhado, 2011).

A avaliação dos serviços executados em obras é uma atividade bastante difundida e importante para garantir que os elementos executados estejam de acordo com os padrões de qualidade da obra e/ou da empresa construtora (Serpell and Alarcón, 1998). No que tange ao processo executivo de fachadas, isso não é diferente, posto que a verificação da qualidade do serviço após o processo de execução pode garantir a intervenção imediata de problemas e/ou erros ocorridos durante esta etapa do empreendimento/edificação, evitando problemas futuros.

Na prática, a fiscalização da qualidade da execução de fachadas é realizada com o uso de binóculo pelo engenheiro responsável pela obra ou por profissional responsável pela fiscalização do serviço. Outra maneira de fiscalização da execução fachadas é com o uso de andaimes suspensos (balancins), onde o profissional percorre a fachada verticalmente inspecionando pontos não-conformes. Salienta-se que a fiscalização com uso de balancins requer que o profissional tenha treinamento em altura segundo as normas do Ministério do Trabalho brasileiro (NR 35) (ME, 2019; Aguilar, 2018).

No que diz respeito ao projeto, o qual, no Brasil, geralmente é pouco detalhado, as empresas optam por projetos fragmentados, dando pouca importância ao projeto integrado. Isso dificulta o uso de novas soluções, tecnologias inovadoras, que podem melhorar o desempenho da construção e aumentar a sua eficiência das fachadas (Oliveira and Melhado, 2011).

A correta execução da fachada em função dos requisitos de desempenho e vida útil é primordial para atender ao desempenho do projeto do edifício como um todo. Geralmente, erros de projeto de fachadas são responsáveis representam 60% dos riscos de erros que podem comprometer o desempenho desse sistema (Silvestre and Brito, 2011; Carretero-Ayuso and Sáex-Pérez, 2021).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados da inspeção de fachadas de dois edifícios de múltiplos pavimentos localizados na região metropolitana de São Paulo-SP usando VANT como uma ferramenta de coleta de dados. No estudo são apresentados os problemas/erros encontrados nas fachadas analisadas e considerações sobre o uso do VANT como ferramenta para esse tipo de atividade.

## **2 MÉTODOS DE TRABALHO**

O presente trabalho foi realizado utilizando o VANT como ferramenta para inspeção de fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos residenciais. Para isso foram realizadas imagens de duas edificações/obras localizadas na cidade de São Paulo, SP, que a partir de agora serão denominadas de edificação 1 (E1) e edificação 2 (E2). As inspeções foram realizadas visualmente a partir das imagens obtidas pelo VANT em edifícios residenciais ainda na fase de acabamento da obra.

As duas inspeções/voos do VANT foram realizadas no dia 11 de setembro de 2021 no período entre 08h:00min e 15h:00min. Em seguida, as imagens/fotos capturadas nas fachadas dos edifícios foram avaliadas e as verificações dos problemas/erros de execução avaliadas de forma qualitativa e quantitativa. Na data da inspeção a umidade do ar era de 82,7%, temperatura média de 25 °C e velocidade máxima do vento no dia 18.5 km/h (INPE, 2022).

No trabalho foram apresentados os problemas/erros observados nas fachadas dos edifícios avaliados, bem como a quantidade de problemas/erros encontrados. Os detalhes de cada problema/erro observados em cada fachada foram apresentados no Apêndice A (E1) e Apêndice B (E2).

Em seguida foram realizadas considerações sobre o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para inspeção das fachadas avaliadas, bem como apresentadas as vantagens e desvantagens sobre o seu uso para este tipo de trabalho.

É importante salientar que as obras analisadas estão localizadas a um raio maior do que 5 km de aeroportos, imposição prescrita pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) (ANAC, 2016).

### **2.1 Caracterização dos edifícios/obras e fachadas inspecionadas**

A fachada do edifício E1 foi executada com uso de paredes de concreto. Sua estrutura (lajes, vigas e pilares) foi executada em concreto armado moldado no local. Neste edifício, o revestimento da fachada foi executado aplicando-se textura sobre as paredes de concreto e estrutura da edificação, a qual foi posteriormente pintada com tinta acrílica.

As características gerais do Edifício E1 são apresentadas a seguir:

- Número de torres: 3.
- Área privativa total: 19.641,72 m<sup>2</sup>.
- Área do terreno: 8.914,82 m<sup>2</sup>.
- Construção total: 28.354,06 m<sup>2</sup>.
- Número de pavimentos: 20 (sendo eles: térreo, 18 pavimentos tipo e 1 pavimento de área técnica).
- Unidades autônomas: 456.
- Áreas dos apartamentos: 34,14 m<sup>2</sup>, 42,10 m<sup>2</sup> e 44,18 m<sup>2</sup>.
- Dormitórios por unidade: 1 e 2.
- Data de conclusão prevista: dezembro/2021.

A edificação E2 também foi executada em estrutura de concreto armado moldado no local e a fachada executada com alvenarias de vedação (tijolos cerâmicos), chapisco e revestimento argamassado. Sobre o revestimento argamassado foi aplicada pintura com tinta acrílica. As características gerais do edifício E2 são apresentadas a seguir:

- Número de torres: 1.
- Área privativa total: 7.283,89 m<sup>2</sup>.
- Área do terreno: 3.873,55 m<sup>2</sup>.
- Construção total: 10.074,47 m<sup>2</sup>.
- Número de pavimentos: 24 pavimentos, sendo térreo, 22 pavimentos-tipo e 1 barrilete) e 1 edifício garagem (térreo + 1 pavimento).
- Áreas dos apartamentos: 36,68 m<sup>2</sup>, 40,65 m<sup>2</sup>, 42,39 m<sup>2</sup> e 44,79 m<sup>2</sup>.
- Número de apartamentos: 177 unidade.
- Dormitórios por andar: 2 unidades.
- Data de conclusão da execução: janeiro/2022.

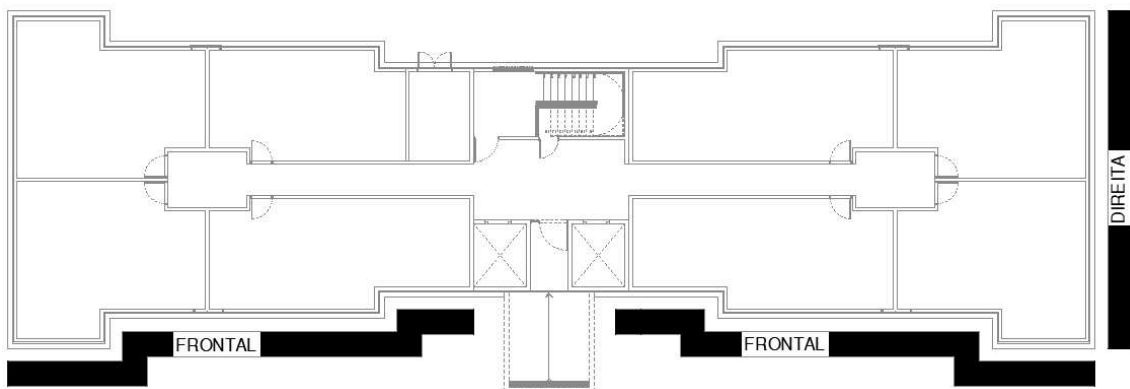
A Figura 1a apresenta uma visão geral da fachada frontal do edifício E1 (apontada com a seta em vermelho) e a Figura 1b apresenta a fachada frontal do edifício E2. Observa-se que a fachada do edifício avaliado faz parte de um empreendimento que engloba outras três (3) torres.

No edifício E1 foram realizadas inspeções somente em duas fachadas, pois as demais ainda estavam em fase de execução (Figura 2). As fachadas do edifício E1 foram denominadas de Frontal e Direita. As fachadas inspecionadas no edifício E2 são apresentadas na Figura 3. Nesta obra, foram avaliadas as quatro (4) fachadas da edificação: Frontal, Posterior, Direto e Esquerdo.



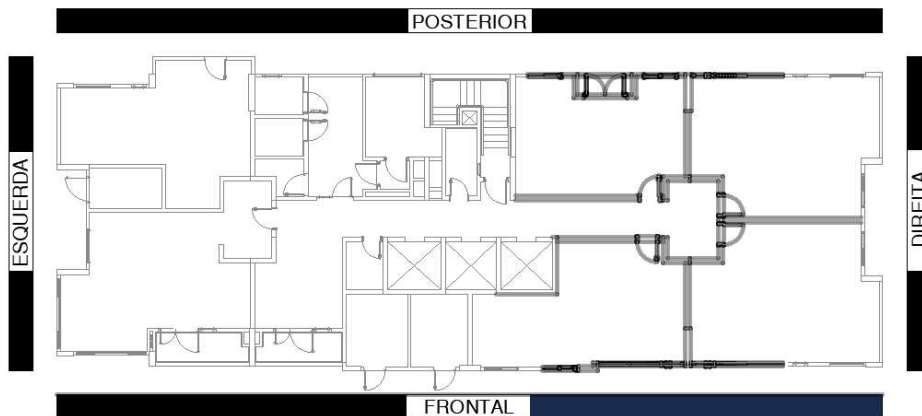
Fonte: Autor, 2022.

**Figura 1** - Fachada frontal: a) edifício E1 e b) fachada frontal do edifício E2.



Fonte: Autor, 2022.

**Figura 2** – Nomenclaturas das fachadas inspecionadas no edifício E1.



Fonte: Autor, 2022.

**Figura 3** – Nomenclaturas das fachadas inspecionadas no edifício E2.

## 2.2 Características, especificações e planejamento de voo do VANT

No trabalho foi utilizado um veículo aéreo não tripulado (VANT) multimotor (quadricóptero), da marca DJI Mavic 2 (**Figura 1**), controlado remotamente. O VANT possui uma câmera de alta resolução de 20MP para captura fotográfica e filmagem em até 4K. A **Tabela 1** apresenta as informações técnicas do VANT utilizado nas inspeções (DJI, 2021).



Fonte: Autor, 2022.

**Figura 5** - Drone DJI Mavic 2 (Fonte: Adaptado de DJI, 2021).

**Tabela 1** - Ficha técnica DJI Mavic 2.

Estrutura	Dimensões	322X242X84mm
	Peso	907 g
	Altura máxima	6 km/6000 m
	Quantidade de Hélices	4
Câmera	Vídeo	4K
	Foto	20 MegaP
Conexões	Wireles	Wi-Fi
	GPS	GPS, GLONASS
Especificações	Temperatura de Trabalho	-10°C até 40°C
	Velocidade máxima	72 km/h (Modo S)
	Distância máxima de alcance	8 km (FCC)
	Resistência máx. ao vento	29 a 38 km/h
	Ângulo de inclinação máx.	25°
Bateria	mAh(bateria)	3850mAh
	Tempo máximo de voo	31 minutos
Memória	Armazenamento	128GB
Detecção de obstáculos	Sensores	Frontal, lateral, superior, inferior e traseiro

Os voos para a obtenção das imagens foram realizados usando as seguintes configurações do VANT:

- Velocidade média de voo: 2m/s;
- Resolução de imagem: 20 MP (5472 X 3648);
- Sensores de câmera: 1" CMOS Pixels efetivos - 20 milhões.

As etapas de voo do VANT são apresentadas a seguir:

Etapa 1: Após subida do VANT até o topo da edificação, esse foi posicionado a, aproximadamente, 8 metros de distância da fachada para que durante a descida da aeronave fosse possível obter imagens mais panorâmicas;

Etapa 2: Foram realizadas duas descidas, com o objetivo de capturar fotografias da amostragem com maior número de detalhes. Nesta etapa, o voo foi realizado a cerca de 5 metros de distância da fachada, para que fossem capturadas imagens mais próximas da fachada.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 Inspeção das fachadas**

A Tabela 2 apresenta a legenda com as cores, problemas/erros, resumo das possíveis causas e a quantidade dos problemas/erros observados na inspeção do edifício E1 e E2. Os detalhes dos problemas/erros indicados na Tabela 2 são apresentados detalhadamente no Apêndice A e Apêndice B do presente trabalho, respectivamente.

De maneira geral, foram encontrados problemas/erros na textura e/ou revestimento, problemas na pintura, lascamentos, reparos mal executados, problemas em juntas de execução, escorrimentos e objetos não identificados. Verificou-se que a maior quantidade de problemas/erros observados nas inspeções realizadas nos edifícios E1 e E2 foram na textura e/ou revestimento e na pintura (Tabela 2).

Com relação aos problemas de textura e/ou revestimento, que apresentou a maior quantidade de problemas observados (10) (Tabela 1), eram relativas principalmente a imperfeições no acabamento. No edifício E1, foram verificados pontos de textura mal aplicadas nos reparos onde foram instalados os balancins para a execução da própria fachada. Por outro lado, no edifício E2, os pontos mal executados do revestimento ocorreram devidos às imperfeições no próprio desempenho do acabamento.

Os principais problemas de pintura verificados no edifício E1 foram observados nos pontos de abertura para passagem de tubulações de gás. Nesta edificação, a tubulação de gás foi instalada no lado externo após a conclusão da alvenaria; portanto, foram abertos furos para a passagem da tubulação, que não foram corretamente reparados e pintados após a execução dessa atividade. Já no edifício E2, foram verificados problemas de pintura relacionados a colorações diferentes na pintura, que pode ter sido ocasionado por diluições diferentes da tinta para aplicação ou aplicação diferente de número de demãos.

Foram verificados lascamentos e reparos mal executados somente na fachada do edifício E1. Os lascamentos podem ter sido ocasionados pela manipulação e/ou queda de equipamentos durante ou após a execução da fachada. Os reparos mal executados eram em locais onde foram verificados problemas no revestimento da fachada e que não foram corretamente reparados, apresentando ainda imperfeições visíveis.

Problemas nas juntas foram a segunda maior quantidade de problemas verificados no edifício E2 (Tabela 2) (5 problemas). Estes problemas são relacionados à má execução das juntas na fachada, que possivelmente são juntas de dilatação.

No edifício E1, os problemas nas juntas ocorreram, principalmente, devido ao processo executivo da edificação, posto que a alvenaria da fachada foi executada com paredes de concreto. Dessa forma, os problemas nas juntas podem ter ocorrido devido às imperfeições geométricas destas paredes.

**Tabela 2** – Problemas/erros verificados, legenda e possíveis causas verificados nos edifícios E1 e E2.

Problemas/Erros	Legenda (Cor ilustrada)	Possíveis causas	Quantidade de problemas/erros encontrados	
			E1	E2
Problemas na textura e/ou revestimento		Aplicação inadequada de argamassa e/ou textura.	10	3
Problemas na pintura		Manejo incorreto de equipamento de pintura (pincel ou rolo), aplicação ou diluição inadequada da tinta, ocasionando diferença de coloração da fachada.	2	5
Lascamentos		Impactos de equipamentos e ferramentas.	2	-
Reparos mal executados		Falta de reparos em quebras/furos não reparados ou quebras na etapa de execução da superestrutura que não foram corrigidas.	3	1
Problemas em juntas de execução		Desalinhamento anterior oriundo da fase estrutural. Estes requerem correção imprescindível para que não haja impacto na harmonia da fachada.	3	5
Escorrimentos		Escorrimentos devido à aplicação de impermeabilizante no topo das platibandas na laje de cobertura.	5	-
Objetos não identificados		Objetos localizados em lugares indesejados, como: adesivos e resquícios de outros materiais que não fazem parte da fachada.	2	-

No edifício E2, os problemas/erros nas juntas são relacionados ao processo de execução do próprio revestimento, visto que esta fachada foi executada com revestimento argamassado. As imperfeições nas juntas podem ter sido ocasionadas por aplicação incorreta do material responsável por criar a junta (isopor) durante a execução e/ou pela retirada desse material de enchimento (isopor), desprendendo a argamassa.

Escorrimentos e objetos não identificados foram observados também somente na fachada do edifício E1. Os escorrimentos são referentes à impermeabilização do topo da platibanda da



edificação. A aplicação do material impermeabilizante escorreu pela lateral da fachada, apresentando marcas visíveis no topo da fachada do edifício E1. Com relação a objetos não identificados, foi verificada a presença materiais parecidos com resquícios de adesivos e resquícios de outros materiais que foram utilizados para a própria execução da fachada.

Ressalte-se que foi observada uma quantidade menor da quantidade de problemas na fachada do edifício E2 do que na fachada do edifício E1. Enquanto no edifício E1 foram verificados sete (7) problemas/erros diferentes, no edifício E2 foram verificados quatro (4).

A Figura 5 e Figura 6 apresentam o mapeamento dos problemas encontrados nas fachadas do edifício E1 e E2, respectivamente. No edifício E1, observou-se que a maior quantidade dos problemas/erros ocorrera na fachada frontal da edificação (Figura 5). Isso pode ser explicado devido à essa fachada possuir uma maior área do que a fachada direita da edificação.

A respeito do mapeamento dos problemas/erros verificados nas fachadas do edifício E2 (Figura 6), foi observada uma distribuição variada dos problemas/erros em função das fachadas (frontal, posterior, direita e esquerda); não seguindo tendência observada nas fachadas do edifício E1, onde a maior quantidade de problemas/erros foi verificada na fachada com maior área.

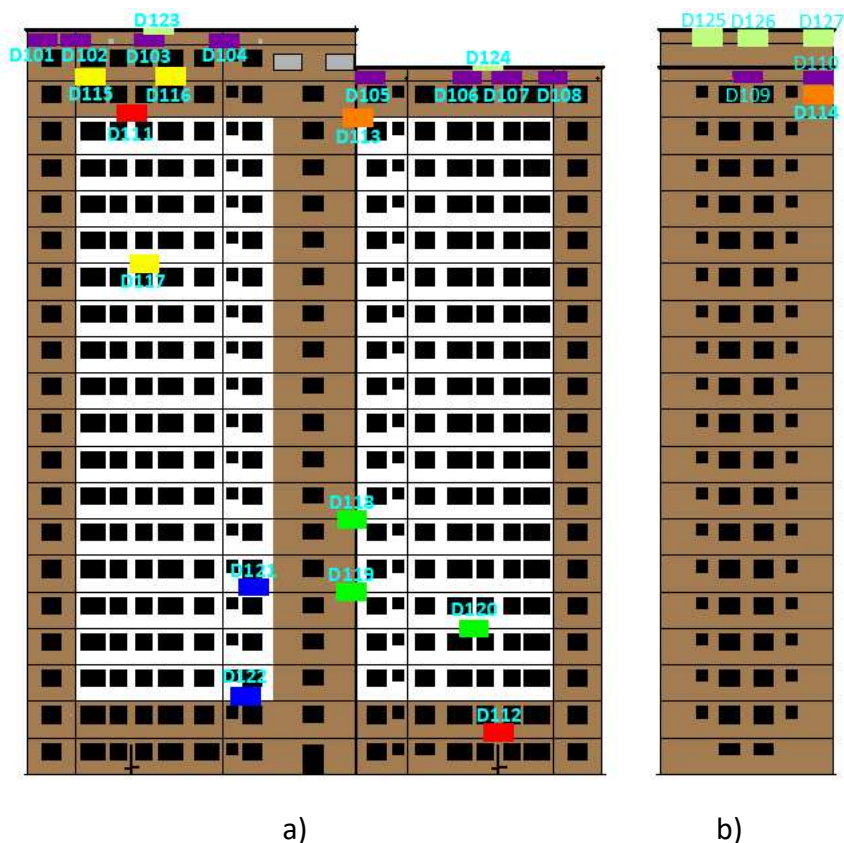
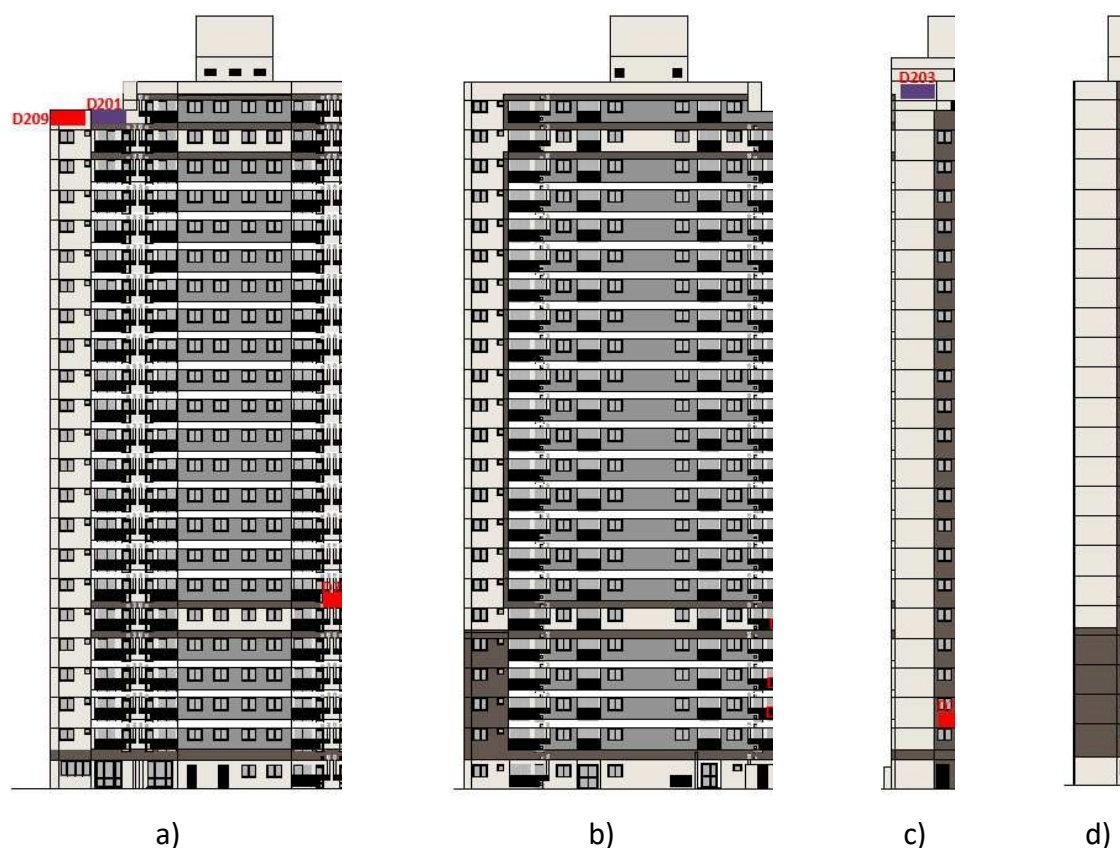


Figura 5 – Mapeamento dos problemas/erros nas fachadas do edifício E1: a) Frontal e b) Fachada direita.



**Figura 6** – Mapeamento dos problemas/erros nas fachadas do edifício E2: a) frontal, b) posterior, c) direita e d) esquerda.

De maneira geral, não se observou uma regularidade ou tendência que pudessem justificar os problemas/erros encontrados nas fachadas dos edifícios E1 e E2. Isso mostra que os problemas/erros ocorreram durante ou após a própria execução das fachadas.

A Figura 7 apresenta o percentual da quantidade de problemas/erros verificados nas fachadas do Edifício E1 e E2. Observou-se que o maior percentual de problemas/erros verificados no edifício E1 foi relativa à problemas na textura/revestimento, isto é, 37,04% dos problemas/erros observados. A segunda maior quantidade de problemas/erros foi verificada para os problemas de escorrimentos de material impermeabilizante (18,52%) e, sucessivamente, em ordem decrescente, problemas em juntas de execução (11,11%), reparos mal executados (11,11%), problemas na pintura (7,41%), lascamentos (7,41%) e objetos não identificados (7,41%).

Já para a edificação E2, a maior quantidade percentual de problemas verificados na fachada foram os problemas de pintura e problemas nas juntas (35,71%); posteriormente, foram problemas/erros no revestimento (21,43%) e reparos mal executados (7,14%).

É importante salientar que os problemas/erros observados nas fachadas do edifício E1 e E2 não são graves e podem ser facilmente solucionados, bem como não comprometem a integridade estética e estrutural das fachadas das edificações, bem como não podem ocasionar riscos e problemas de segurança dos usuários/moradores.

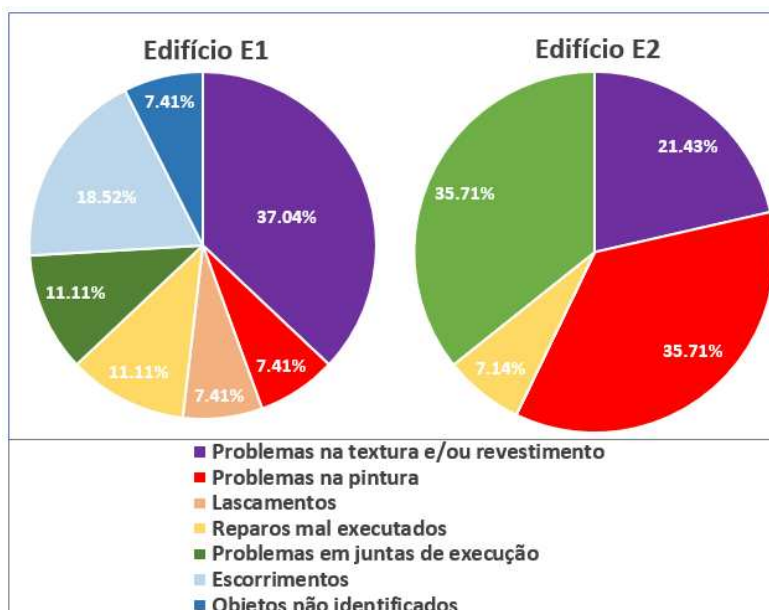


Figura 6 – Percentual dos problemas/erros encontrados nas fachadas dos edifícios E1 e E2.

### 3.2 Uso do VANT para inspeção de fachadas

O Quadro 1 apresenta as principais vantagens, desvantagens e precauções que foram observadas com relação ao uso de VANTs para a inspeção de fachadas de edifícios residenciais de múltiplos pavimentos.

Uma das principais vantagens observadas do uso de VANTs para inspeção de fachadas com a realização do presente trabalho foi a rapidez da captura das imagens, pois a inspeção em cada fachada foi realizada em, aproximadamente, 3 horas, contando com o tempo necessário que fossem passadas as instruções ao piloto sobre o objetivo do trabalho. Salienta-se que este tempo depende da área e do número de planos (áreas) de fachadas analisadas; deve-se considerar também o tempo para a troca de bateria do VANT durante a inspeção.

Além da rapidez, a possibilidade de avaliação posterior das imagens em escritório por profissionais especializados, bem como arquivamento das imagens, as quais podem ser resgatadas e verificadas em função da necessidade da inspeção, são diferenciais importantes quando trata-se desse tipo de trabalho. A avaliação das imagens em escritório permite uma inspeção mais cautelosa do que a realizada em campo. Geralmente, a inspeção de fachadas de edificações de múltiplos pavimentos é realizada com o uso de balancins e/ou binóculos, o que pode prejudicar a qualidade da inspeção devido às condições de trabalho na obra; deve-se considerar também que profissionais devem possuir treinamento em altura para o uso de balancins.

As imagens obtidas com o uso do VANT apresentaram elevada nitidez, permitindo a aplicação de aproximações adequadas das imagens e visualização de grande número de detalhes para a inspeção das fachadas, proporcionando uma avaliação minuciosa das áreas inspecionadas.

Com relação às desvantagens, tem-se a existência do limite de proximidade do VANT com a edificação, isso compromete a visualização de detalhes com pequenas dimensões, como, por exemplo, a existência de fissuras. Apesar da elevada nitidez das imagens, não foi possível verificar problemas dessa ordem de grandeza dimensional. Como citado anteriormente, o tempo de troca

de baterias do VANT durante a coleta de imagens é um fator que pode comprometer a rapidez desse procedimento.

No que diz respeito às precauções, é fundamental que a obra a ser inspecionada esteja a uma distância superior a 5 km de aeroportos. Esta imposição é realizada pela Agência Nacional de Aviação Nacional (ANAC) do Brasil e tem o objetivo de que o uso de VANTs não ocasionem interferências magnéticas no pouso e decolagem de aeronaves comerciais e privadas em aeroportos. As condições climáticas do dia da inspeção também devem ser verificadas, principalmente, a velocidade do vento e condições de visibilidade, que podem comprometer a qualidade das imagens.

Além dos itens apresentados no Quadro 1, deve-se destacar que os voos devem ser realizados com cautela, principalmente, quando há edificações vizinhas habitadas, pois pode prejudicar a privacidade de moradores em locais próximos ao local inspecionado (Costa et al., 2016).

**Quadro 1** – Vantagens, desvantagens e precauções do uso de VANTs para inspeção da execução de fachadas de edificações.

Vantagens	Baixo custo Rapidez Possibilidade de avaliação em escritório das imagens por profissional especializado Possibilidade de arquivamento das imagens Não necessidade de avaliação/inspeção em campo Maior segurança de trabalhadores na inspeção, pois dispensa o uso de balancins Dispensa treinamentos de funcionários para trabalhos em altura Possibilidade de ampliação das imagens e verificação minuciosa da área inspecionada
Desvantagens	Limite de distanciamento da edificação pode comprometer a visualização de patologias de pequenas dimensões Troca de baterias do VANT pode prolongar o tempo da inspeção e o tempo de autonomia de voo
Precauções	Proximidade a aeroportos (distância > 5 km) Condições climáticas, como baixas e elevadas temperaturas, vento, chuva e neblina podem comprometer a execução da inspeção da fachada e/ou das imagens Sombras na edificação podem comprometer a qualidade da imagem

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou os problemas/erros encontrados em inspeções com VANT em fachadas de dois edifícios de múltiplos pavimentos localizados na região metropolitana de São Paulo-SP. Além disso, o trabalho também avaliou o uso de VANTs para execução deste tipo de atividade e apresentou suas vantagens, desvantagens e precauções devido ao seu uso.

Os dados obtidos no trabalho mostraram que a maioria dos problemas/erros verificados nas inspeções após a execução das fachadas dos edifícios foram relativos à execução do revestimento externo (problemas/erros na textura) e problemas na pintura.

De maneira geral, foram observados sete (7) problemas/erros na fachada do edifício E1 e quatro (4) problemas/erros no edifício E2. No entanto, todos os problemas/erros podem ser facilmente solucionados e representam qualquer comprometimento à estética da fachada ou a segurança dos futuros moradores das edificações.

O uso do VANTs mostrou-se promissor para a realização da inspeção de fachadas de edificações, baixo custo e elevada rapidez para este tipo de inspeção. Além disso, com o seu uso, foi possível verificar detalhadamente os problemas devido à possibilidade de ajuste foco das imagens/filmagens. Tem-se como desvantagens o limite de distanciamento da edificação e demora devido à troca de baterias. Além disso, o uso de VANTs fica restrito a edificações que estão a distância superior a 5 km de aeroportos e, principalmente, condições climáticas, como velocidade do vento e tempos chuvosos e/ou nublados.

### Apêndice A – Edifício E1

O Apêndice A apresenta os detalhes (D) dos problemas/erros verificados no edifício E1.



Figura A1 - Detalhes dos problemas/erros encontrados no edifício E1.



Figura A1 (Continuação) - Detalhes dos problemas/erros encontrado no edifício E1.

## Apêndice B – Edifício E2

O Apêndice B apresenta os detalhes dos problemas/erros verificados no edifício E2.



## REFERÊNCIAS

- Aguilar, Gabriel. **Inspeção predial de fachadas com Drones à luz da ABNT NBR 5674:2012**. 2018. Disponível em [https://vivacondominio.com.br/ptype\\_news/inspecao-predial-de-fachadas-com-drones-a-luz-da-abnt/](https://vivacondominio.com.br/ptype_news/inspecao-predial-de-fachadas-com-drones-a-luz-da-abnt/). Acesso em: 24 abr. 2021.
- American Society for Testing and Materials. **ASTM C-780: standard test method for preconstruction and construction evaluation of mortars for plain and reinforced unit masonry**. Philadelphia, 1991.
- ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (Brasil). Serviço. **Drones**, Brasília/DF, 3 mar. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6461**: Blocos cerâmicos para alvenaria: verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983a.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211**: agregado para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 1983b.
- Barros, M. M. B. Metodologia **Para Implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas na Produção de Edifícios**. São Paulo, 1996. 410 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- Ballesteros, R. D.; Lordsleem Jr, A. C. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 119-137, 2021.
- Milhomen, P. M., Aidair, L. A. G. Bauer, E. Estudo da evolução da temperatura nas regiões das fachadas com termografia. **Anais. 6ª CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS – PATORREB**. UFRJ – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – Brasil, 2018.
- Bledzik, A. K. et al. A Comparison of Compounding Process and Wood Type for Wood Fibre-pp Composites. **Composites Part A: applied Science and Manufacturing**, v. 36, p. 789-797, 2005.
- Brandão, D. Q.; Heineck, L. F. M. Classificação das Formas de Aplicação da Flexibilidade Arquitetônica Planejada em Projetos de Edifícios Residenciais. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., Florianópolis, 1998. **Anais**. Florianópolis: UFSC, ANTAC, 1998. v. 2, p. 215-222.
- Carretero-Ayuso, M. J., Sáez-Pérez, M. P. Construction flaws in facing brick facades and the risk of associated litigation. **Journal of Building Engineering**. v. 33 (101633), 2021.
- Costa, D. B. et al. Evaluating the performance of unmanned aerial vehicles for safety inspection. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group **for Lean Construction**, USA, 2016. pp. 23–32.
- Hung, M. N. W. B. et al. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **Revista RaEGA: Espaço Geográfico em Análise**. v. 43, 2018, pp. 215-231.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://clima.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 06.11.2022.
- Israir, A. et al. Aerial Vehicles for the inspection of construction sites: a vision and future directions. **Mathematical Problems and Engineering**. ID 9931112, 2021.



Lavelle, J. A. Acrylic Latex-Modified Portland Cement. **ACI Materials Journal**, Detroit, v. 6, n. 1, p. 41-48, 1988.

Ministério da Economia - ME - Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. NR 35 – Trabalho em altura. Brasília, Brazil, 2019. 16 p. disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>.

Oliveira, L. A., Melhado, S. B. Conceptual model for the integrated design of building façades. **Architectural Engineering and Design Management**. 2011, v. 7.

Parfitt, M. K. Architectural Engineering Approach to Building Façade Design, Construction, and Evaluation. **Journal of Architectural Engineering**. v. 13, n. 3, 2007.

Rapoport, A. Environmental Cognition in Cross-Cultural Perspective. In: Moore, G. T.; Golledge, R. G. (Eds.). **Environmental Knowing. Stroudsburg**. Dowden, Hutchinson and Ross, 1976. p. 220-234.

Roca, D. et al. Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades. **Automation in Construction**. vol. 36. pp. 128-135, 2013.

Ruiz, R.D.B., Lordsleem Jr., A.C., Rocha, J.H.A. and Irizarry, J. (2021), "Unmanned aerial vehicles (UAV) as a tool for visual inspection of building facades in AEC+FM industry", **Construction Innovation**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/CI-07-2021-0129>

Serpell, A., Alarcón, L. F. Construction process improvement methodology for construction projects. **International Journal of Project Management**. v. 16, n. 4, 1998, pp. 215-221.

Silvestre, J. D., Brito, J. Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system. **Construction and Building Materials**. 2011, v. 25. pp. 1560-1571.

UN – United Nations. Development Programme. Agenda 2030. (2015). Disponível em: [https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm\\_source=EN&utm\\_medium=GSR&utm\\_content=US\\_UNDP\\_PaidSearch\\_Brand\\_English&utm\\_campaign=CENTRAL&c\\_src=CENTRAL&c\\_src2=GSR&gclid=CjwKCAjwsfuYBhAZEiwA5a6CDJbLG L-G\\_7RjpNGUnjXJ5lqtPXbSdpK5ETgiDWwnSlvKRH5U4FU3XR0CTmIQAvD\\_BwE](https://www.undp.org/sustainable-development-goals?utm_source=EN&utm_medium=GSR&utm_content=US_UNDP_PaidSearch_Brand_English&utm_campaign=CENTRAL&c_src=CENTRAL&c_src2=GSR&gclid=CjwKCAjwsfuYBhAZEiwA5a6CDJbLG L-G_7RjpNGUnjXJ5lqtPXbSdpK5ETgiDWwnSlvKRH5U4FU3XR0CTmIQAvD_BwE). Acesso 10.07.2022.

Zhang, C. Development of a UAV-based remote sensing system for unpaved road condition assessment. **Proceedings**. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, Portland, Oregon, p. 1-7, 2008.