

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA STEPHANY REIS DA LUZ

**INSPEÇÕES PREDIAIS INTERNAS COM USO DE DRONES: CONSTRUÇÃO DE
ORTOMOSAICOS PARA FINS DE DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE
CONSERVAÇÃO.**

Cruz das almas/Bahia

Junho de 2021

Luz, Jéssica Stephany Reis da

Inspeções prediais internas com uso de drones: construção de ortomosaicos para fins de diagnóstico do estado de conservação, UFRB, Cruz das Almas - BA. / Jéssica Stephany Reis da Luz. - Cruz das Almas, 2021.

25 p. : 30 cm

Orientador(a): Alexandra Cruz Passuello.

Coorientador (a): William da Silva Pereira

TCC (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) --
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2021.

1. Inspeção. 2. Indoor. 3. VANT. 4. GPS. 5. Ortomosaico I. Jéssica Stephany, Alexandra, William.
II. Inspeções prediais internas com uso de drones: construção de ortomosaicos para fins de diagnóstico do estado de conservação, UFRB, Cruz das Almas - BA.

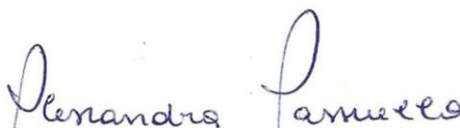
Jéssica Stephany Reis da Luz

**INSPEÇÕES PREDIAIS INTERNAS COM USO DE DRONES:
CONSTRUÇÃO DE ORTOMOSAICOS PARA FINS DE DIAGNÓSTICO
DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO.**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas - BA, 25 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA



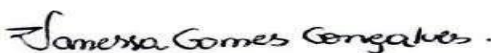
Prof^a. Dr^a. Eng^a. Civil Alexandra Cruz Passuello (Orientadora)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Eng. Civil William da Silva Pereira (Coorientador)
FACTIVA



Prof. Dr. Eng. Agrimensor Joaquito de Andrade Oliveira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Eng^a. Civil Vanessa Gomes Gonçalves
Universidade Federal da Bahia

INSPEÇÕES PREDIAIS INTERNAS COM USO DE DRONES: CONSTRUÇÃO DE ORTOMOSAICOS PARA FINS DE DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO.

Jéssica Stephany Reis da Luz¹

Bruna Souza Rosa²

William da Silva Pereira³

Alexandra Cruz Passuello⁴

Resumo: Os drones já são amplamente utilizados na inspeção de ambientes externos, porém começaram a ganhar espaço na inspeção em ambientes internos. Diante disto, visando contribuir com esta aplicação, o trabalho em questão fez uma avaliação da estabilidade do voo e da possibilidade de construção de ortomosaicos de alta qualidade para verificação de danos. Fazendo uso de um VANT foi feita a coleta de imagens de um ambiente interno, onde observou-se a interferência no sinal do GPS durante o voo e com o processamento das imagens foi possível construir ortomosaicos que permitem a detecção de danos de proporção média e grande.

Palavras-chave: Inspeção. Indoor. VANT. GPS. Ortomosaico.

Abstract: Drones are already widely used in the inspection of outdoor environments, but they have started to gain space for inspection in indoor environments. In view of this, in order to contribute to this application, the work in question made an assessment of the flight stability and the possibility of building high quality orthomosaic for damage verification. Using a UAV, images were collected from an indoor environment, where interference in the GPS signal was observed during the flight and with the processing of the images it was possible to build orthomosaic that allow the detection of damage of medium and large proportions.

Keywords: Inspection. Indoor. UAV. GPS. Orthomosaic.

Introdução

Uma edificação ao ser projetada possui uma vida útil de projeto (VUP) definida para seus componentes, entretanto, quando a manutenção necessária não ocorre devidamente, essa VUP é comprometida, podendo levar a degradação dos seus elementos, sendo possível verificar o surgimento de manifestações patológicas. Diante disso, é de grande importância que sejam feitas inspeções rotineiras, de modo a se fazer um acompanhamento da edificação, para que seja possível realizar manutenções preventivas no momento correto, antes que seja necessário aplicar medidas corretivas, tornando o trabalho mais oneroso (ABNT, 2013). Essas inspeções se tornam ainda mais necessárias quando se trata de edificações históricas, visto que sua

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – jessica_stephany@hotmail.com

² Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – brunarosa94@hotmail.com

³ Professor Coorientador. Bacharel em Engenharia Civil, UFRB – w.pereira@hotmail.com

⁴ Professora Orientadora. Doutora pela UniversitàPolitecnicadelle Marche, UNIVPM, Itália – passuello@ufrb.edu.br

estrutura e componentes são mais antigos, sendo exigido mais manutenções para evitar sua degradação.

A realização de uma inspeção requer que o profissional tenha acesso visual a todos elementos da edificação que devem ser vistoriados. Entretanto, em alguns casos a sua presença pode ser dificultada, seja devido à altura em que se encontra o elemento da construção que deve ser inspecionado, ou até mesmo devido aos riscos gerados pelo próprio estado de deterioração da estrutura. Esta situação pode acontecer em caso de construções que tiveram sua estrutura abalada por algum sinistro, ou então, em edificações históricas abandonadas, cuja estabilidade estrutural pode estar comprometida. Diante disto, muitos esforços vêm sendo empregados em busca de tornar o processo da inspeção predial mais seguro, o que tem suscitado o interesse pelo uso de drones, que é um tipo de veículo aéreo não tripulado (VANT) (Feital, 2017).

O drone pode embarcar inúmeros sensores para coletar informações requeridas para a avaliação do estado de deterioração de estruturas, tais como sensores termais, LiDAR, hiperespectrais, multiespectrais e RGB. Um dos mais utilizados atualmente na construção civil é o sensor RGB, que nada mais é do que uma câmera comum, que vai registrar imagens e vídeos que permitem a identificação de falhas e anomalias visíveis ao olho nu (Facco; Pegoraro, 2019; Freimuth; König, 2018). Desta forma, a utilização do drone permite que o profissional colete as imagens necessárias para a sua análise, sem que ele tenha a necessidade de se aproximar fisicamente do local específico a ser inspecionado.

A partir da disponibilização deste tipo de tecnologia no mercado, o setor da construção civil acabou incorporando a técnica, especialmente por aquelas empresas responsáveis por inspeções prediais, pois o equipamento permite uma redução dos custos de vistorias em fachadas e coberturas, como aponta uma reportagem realizada pelo Jornal O Globo (2018). Nos últimos anos as pesquisas acadêmicas nesta temática também aumentaram, mostrando aplicações interessantes do uso dos drones no ramo da construção, como mostram os trabalhos de Melo Júnior et al. (2018) e Lisboa et al. (2018). Entretanto, ainda existe uma demanda muito grande por pesquisas utilizando drones para inspeções, e no Brasil, até a redação deste artigo, foi encontrado apenas 1 trabalho voltado a utilização destes equipamentos em ambientes internos, o de Gomes et al. (2016), porém só é acessível o resumo desta pesquisa e ela consiste na criação de um frame (estrutura) para drone e não na avaliação de como ele se comporta neste tipo de inspeção.

A utilização destes equipamentos em ambientes internos pode trazer uma série de vantagens para diferentes finalidades de inspeção de edificações. Como exemplo é possível citar o uso de drones em locais de desastres devido ao colapso de edifícios, onde a passagem

dos socorristas não seja possível devido aos escombros (Kan; Okamoto; Hoon Lee, 2018). Esse tipo de situação pode ser extrema, porém, a utilização destes equipamentos se torna muito atrativa para uso nas atividades corriqueiras da engenharia que possam apresentar riscos excessivos para os profissionais.

Entretanto, a utilização desta aeronave no interior de uma edificação traz uma série de questionamentos, os quais este trabalho visa contribuir para respondê-los. O primeiro ponto a ser abordado é verificar o nível de interferência no sinal do GPS, visto que, como afirma Lin et al. (2015 apud Ham, 2016), voos guiados por GPS em espaços confinados têm como limitações a possibilidade de perda de sinal. O outro ponto que será avaliado é se, com as imagens captadas pela técnica da fotogrametria, é possível gerar um modelo 3D do espaço inspecionado e/ou ortomosaicos com resolução adequada para avaliação do estado de degradação da edificação a partir da construção de um mapa de danos.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade da realização de inspeções internas (*indoor*) com o uso de um drone, avaliando a estabilidade do voo em ambiente confinado e a possibilidade de obter um modelo 3D e ortomosaicos livres de distorções. Esse estudo torna-se importante para entender se a resolução dos ortomosaicos seria suficiente para identificar as manifestações patológicas presentes na edificação de forma a permitir a elaboração de um mapa de danos. O objeto de estudo é uma das dependências do prédio de química da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), antiga biblioteca do campus da cidade de Cruz das Almas.

Inspeções prediais com uso de drones: fundamentos e captação de imagens

A inspeção predial consiste em um processo no qual é feita a avaliação da edificação, buscando verificar suas condições de uso e manutenção (Coutinho; Feital; Costa, 2017; Mattos Jr. et al., 2017). Para isso é necessário que seja feito um exame minucioso da edificação, que inicia por uma análise visual, complementada pelas informações dos projetos e da anamnese para entender o contexto do problema. Quando necessário, é preciso aprofundar as análises através da realização de ensaios adicionais que poderão esclarecer melhor os mecanismos de deterioração instaurados, bem como suas origens (Tutikian; Pacheco, 2013). A partir da inspeção é possível verificar a necessidade de manutenção corretiva ou preventiva, o que deve ser definido com base na presença ou ausência de manifestações patológicas (Coutinho; Feital; Costa, 2017).

Para orientar o trabalho de inspeção, vistoria e perícia predial, o profissional tem, como suporte e base, as diretrizes estabelecidas a partir de algumas normalizações já instituídas, como

a Norma de Inspeção Predial Nacional do Instituto Brasileiro de Perícias em Engenharia (IBAPE, 2012), a NBR 13752 sobre Perícias em Engenharia (ABNT, 1996) e a mais recente NBR 16747 sobre Inspeção Predial (ABNT, 2020). Estes documentos normativos definem as terminologias, o procedimento a ser seguido, as etapas da inspeção predial, bem como a forma de elaboração do laudo técnico. Este último é o documento que contém o parecer do profissional sobre o problema com seu respectivo levantamento fotográfico e que será a base para o planejamento da manutenção ou recuperação (Neves; Branco, 2009).

Para a realização da inspeção visual é imprescindível uma câmera fotográfica adequada para o registro das manifestações patológicas, entretanto, outros equipamentos também podem contribuir para um bom levantamento de dados. Entre eles é possível citar lanternas, binóculos, lupas de pequeno aumento (Coutinho; Feital; Costa, 2017) e até mesmo trenas a laser, câmeras térmicas, pacômetros etc. Entre as ferramentas tecnológicas mais recentes utilizadas em inspeções encontram-se os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs).

Os VANTs são aeronaves projetadas para voarem sem piloto a bordo e embarcar diferentes tipos de materiais e equipamentos (DECEA, 2010 apud Rauber et al., 2018). Desenvolvidos em meados da década de 80, inicialmente com propósitos militares, com o decorrer dos anos esses instrumentos passaram a ganhar espaço em outras áreas (Valavanis, 2012 apud Silva, 2015). Essa diversificação na sua aplicação é oriunda dos avanços tecnológicos em torno destes equipamentos, com melhorias quanto a bateria, navegação autônoma, tecnologia aeronáutica, câmeras digitais de baixo custo acopladas, dentre outras características que além de tudo os tornam mais confiáveis, seguros, acessíveis e de fácil operação (Liu et al., 2014 apud Ham, 2016).

Os autores Lovelace e Wells (2018) avaliam a utilização de drones para inspeção de pontes, fazendo uma análise de qual o tipo mais indicado para esta aplicação. Enquanto outros autores, como por exemplo, Lisboa et al. (2018), avaliam a utilização deste veículo para inspeções prediais de fachadas e coberturas (*outdoor*), aplicação esta que tem ganhado muito espaço ultimamente no setor da construção civil.

É importante considerar que para cada finalidade existirá um tipo de aeronave mais adequada. Esta escolha deve ser embasada na avaliação das suas características. O tipo de asa, por exemplo, influencia na habilidade do equipamento se mover em espaços confinados sem comprometer a estabilidade do voo. Os VANTs de asas fixas são melhores para voos longos em áreas abertas e extensas, sendo muito utilizados na agricultura, topografia e mineração. Por outro lado, os VANTs de asas móveis, também classificados como multirrotores, são mais indicados para movimentação em espaços limitados, onde é necessário desviar de obstáculos e

até mesmo pairar no ar. Eles apresentam uma maior capacidade de realizar manobras, sendo ágeis durante o voo e, por estes motivos, sendo considerado o tipo mais adequado para atividades no setor da construção civil. (Rauber et al., 2018).

Outra característica importante que confere maior ou menor estabilidade no voo de drones é a quantidade de hélices. Quanto mais hélices o equipamento tiver, maior será sua estabilidade para voar em condições climáticas adversas (Rauber et al., 2018). Outro aspecto que deve ser analisado é a resistência da aeronave, que será ditada pelo seu tipo e pela qualidade dos materiais que a compõe, influenciando assim sua durabilidade (Facco; Pegoraro, 2019). Além disso, também é importante avaliar a autonomia de voo do drone, que definirá o tempo que ele se manterá operando em um levantamento. A autonomia da bateria pode variar entre 10 minutos e 2 horas (Facco; Pegoraro, 2019).

O tamanho do equipamento também ditará a carga útil máxima suportada no voo, fator que condicionará a quantidade e tipo de sensor que poderá ser embarcado (Facco; Pegoraro, 2019). Os drones normalmente apresentam pequena carga útil máxima, o que faz com que seja possível apenas carregar consigo sensores leves e baterias pequenas. Considerando que o tamanho da bateria afeta sua autonomia, é possível compreender que a realização de inspeções que requerem tempo longos de voo demandarão o uso de baterias adicionais (Morgenthal; Hallermann, 2014).

Por fim, é importante levar em consideração aspectos de segurança de voo. No Brasil o controle de voo com drones é regulamento pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), através do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017). Essa norma regulamentadora define regras de uso destas aeronaves com o objetivo de preservar a segurança das pessoas (Coutinho; Feital; Costa, 2017).

Quanto ao uso de diferentes tipos de drones no setor da construção civil, é possível citar o trabalho dos autores Rauber et al. (2018) onde apresentam alguns tipos de drones que julgam serem mais indicados para inspeções em obras de artes especiais, como as ponte e viadutos, onde levaram em consideração a capacidade de se locomover, realizando manobras ágeis e mantendo a estabilidade durante o voo. Dentre os VANTs indicados ou autores apresentam o modelo DJI-S1000, cuja carga útil máxima é bem superior, chegando até 6kg, com bateria de autonomia de 15min. Outro modelo apresentado é o Aibot X6, com carga útil máxima em torno de 2kg e autonomia de voo próxima a 30min.

O trabalho de Rauber et al. (2018) traz modelos para inspeções externas, entretanto, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos de forma a extrair o potencial do VANT no que diz respeito a inspeção predial de ambiente internos. Shah (2018) propõe a construção de um drone

de design diferenciado, com formato redondo e com duas hélices internas que giram em sentidos contrários. A ideia deste novo formato é fornecer mais segurança para utilização desta aeronave em presença de obstáculos, locais confinados e próximo às pessoas. Devido ao seu formato ser parecido com um donut (rosquinha), o autor apelidou o protótipo de “dronut”.

Quanto aos sensores embarcados, eles podem ser de diversos tipos, mas no que diz respeito a captação de imagens, estes sensores são como uma espécie de câmera que permite a coleta das imagens durante o voo. Cada tipo irá variar de acordo com a sua resolução espectral, isso é, no caso de uma câmera que detecte um comprimento de onda da luz visível, ela só será capaz de registrar nas suas imagens tudo aquilo que pode ser visto a olho nu, ou seja, ela não poderá reconhecer a presença de umidade e temperatura como ocorre com uma câmera de infravermelho (Rauber et al., 2018; Reich, 2016).

Os autores Facco e Pegoraro (2019) trazem uma abordagem sobre os sensores multiespectrais. De acordo com eles, este tipo de sensor permite a captação de imagens onde o espectro captado varia da luz visível até o infravermelho. Com isso, é possível perceber que ele se torna mais indicado para detecção de manifestações patológicas do que as câmeras fotográficas. Por outro lado, os sensores hiperespectrais tem uma capacidade de detecção maior que as multiespectrais, onde registram a energia emitida pelo objeto através de centenas de bandas espectrais, diferente dos multiespectrais que possuem algumas dezenas. Esse avanço permite que seja identificado, por meio do sensor hiperespectral, diversas características do objeto em estudo, inclusive o tipo de material e feições, permitindo, por exemplo, detectar a presença de umidade no concreto e a degradação por líquens e algas de obras de artes especiais, dado a sua capacidade de identificar a presença de água e diferentes tipos de vegetação (Rauber et al., 2018).

Os autores Reich (2016) e Zhou e Gheisari (2018) fazem uma abordagem sobre outros tipos de sensores. O primeiro se trata do LiDAR, um tipo de sensor que funciona com base em pulsos de laser, e permite a construção de imagens tridimensionais de alta resolução.

Um outro sensor é o infravermelho térmico (TIR), mais conhecido como sensor termal. Ele tem a capacidade de identificar a temperatura de um objeto ou superfície (comprimento de onda do infravermelho) e converter estes dados para o espectro de luz visível. Sua aplicação traz grandes benefícios para engenheiros e empreiteiros, por permitir a identificação de anomalias nas edificações, contribuindo, assim, com as informações necessárias para a correção destes problemas (Tkáč; Mésároš, 2019; Reich, 2016).

E por fim, o último sensor apresentado é o RGB (visual). De acordo com o Aero Drone Brasil (2017) e Reich (2016), ele consiste em um sistema de cores (Red, Green and Blue) que

está presente em todas as câmeras fotográficas comuns, onde as imagens captadas detectam as cores reais, ou seja, aquilo que é possível ver a olho nu. Este é o sensor mais simples, e também o mais utilizado, especialmente em inspeções.

O registro das imagens a partir de sensores do tipo RGB permite a obtenção de vídeos e imagens detalhadas do objeto que está sendo inspecionado, permitindo ao inspetor que tenha o acesso visual necessário para identificar mesmo a distância as manifestações patológicas. Entretanto, é possível utilizar de técnicas como a fotogrametria para a coleta de imagens que permitam a construção de ortomosaicos de alta resolução, cujas manifestações patológicas poderão ser mapeadas e desenhadas na geração de mapas de danos (Rauber et al., 2018; Melo Júnior et al., 2018).

A fotogrametria é uma ciência, dotada de técnicas que permitem a análise de locais e objetos físicos, obtendo-se informações confiáveis, por meio de coletas de imagens, medições e interpretações de fotos. Por meio dela é possível construir um modelo em 3D do objeto desejado, a partir de imagens em 2D, e após isso pode ser feita a construção de ortomosaicos (Melo Júnior et al., 2018; Vera; Ibáñez; Parada, 2015).

O ortomosaico consiste na união de ortofotos ajustadas e posicionadas como um mosaico. As ortofotos, ou ortoimagens, são imagens obtidas da vista ortogonal após serem submetidas a uma correção de posicionamento dos pontos, que podem ter sido distorcidos pela inclinação da câmera ou até mesmo pelo relevo da superfície. As ortoimagens estão livre de distorções e incorreções quanto a posição (Volotão, 2004), apresentando uma visualização sem deformações como normalmente ocorre em imagens vistas em perspectiva (Vera; Ibáñez; Parada, 2015).

Com um número suficiente de imagens que tenham entre elas pontos homólogos é possível processá-las em software específicos, que irão gerar imagens 3D a partir da montagem de um mosaico de fotografias, o qual após a execução da ortoretificação dessas imagens permite que seja feita a obtenção de ortomosaicos. Um dos softwares que permite a construção desses ortomosaicos a partir da fotogrametria é o *Agisoft Metashape* (Melo Júnior et al., 2018; Rauber et al., 2018), cujo processamento faz parte do sistema conhecido como Fotogrametria Digital (Heipke, 2001 apud Silva, 2015).

Para que seja possível gerar modelos 3D a partir da fotogrametria digital é necessário que o registro das imagens seja realizado de forma a garantir uma sobreposição adequada de imagens, considerando tanto a direção vertical quanto a horizontal. Desta forma, o software conseguirá reconhecer pontos homólogos e montar o quebra cabeça de imagens. Importante considerar que imagens de superfícies que apresentem coloração uniforme ou padrões

repetitivos, poderão apresentar dificuldades no processamento, pois a uniformização de cor poderá confundir o reconhecimento de pontos comuns. Além disso, superfícies espelhadas (aquelas que refletem os objetos em volta, como por exemplo, portas de vidro) também podem prejudicar o processamento, isso se deve ao fato de que elas refletem tudo no seu entorno, e isso pode fazer com que em uma das imagens o reflexo apareça, enquanto na outra não, também causando confusão no software (Melo Júnior et al., 2018).

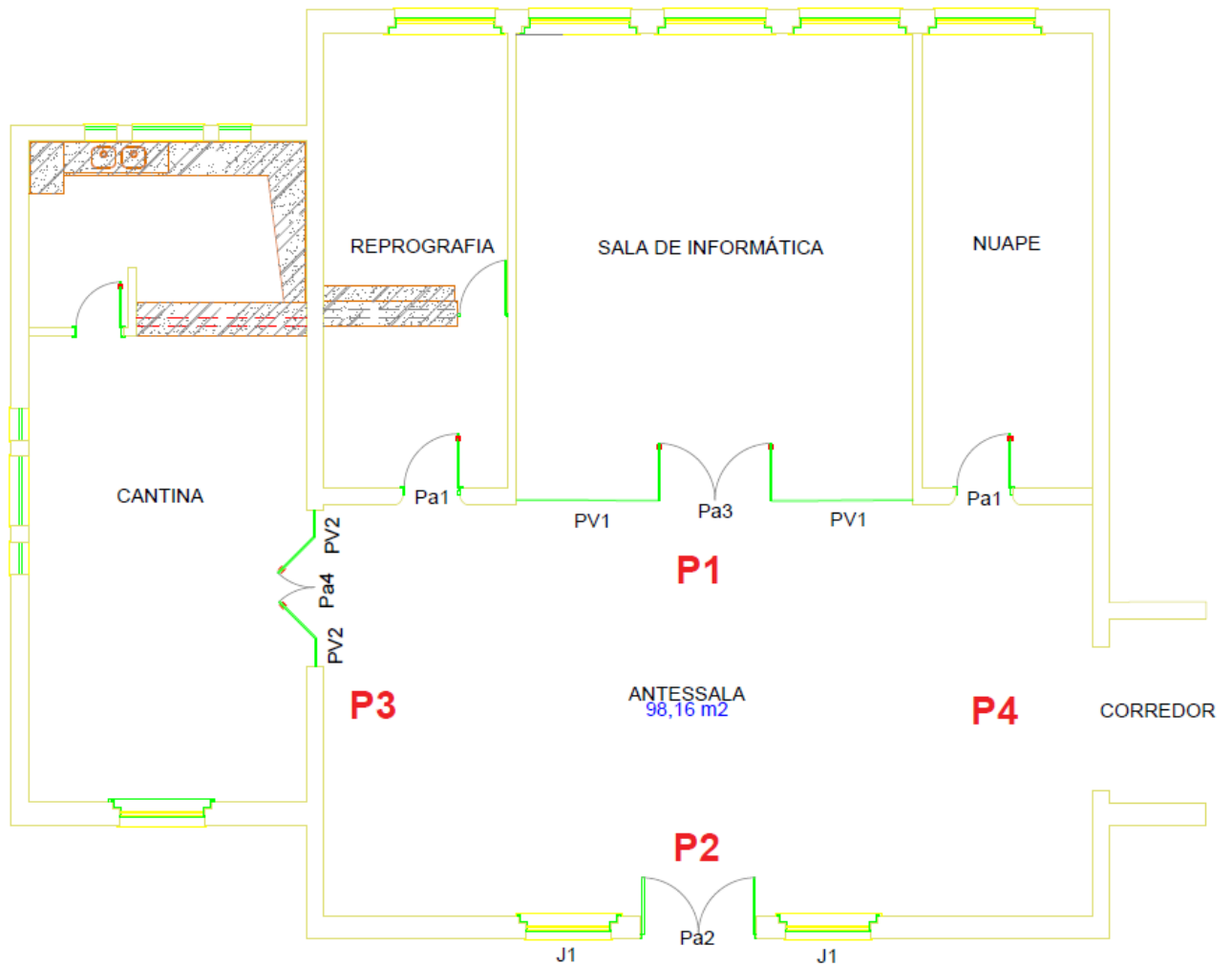
Após a obtenção do modelo 3D é possível gerar os ortomosaicos com os quais é possível fazer análises mais precisas de falhas e anomalias no objeto em estudo, e conseqüentemente, um levantamento preciso de manifestações patológicas (Vera; Ibáñez; Parada, 2015).

Metodologia

O objeto de estudo deste trabalho foi uma das dependências do prédio que abrigava a antiga biblioteca do Campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Atualmente a edificação é utilizada para aulas de laboratório, gabinetes de professores, além de outros setores administrativos da instituição. O prédio foi construído na primeira metade do século XX e não é uma edificação tombada, porém faz parte dos prédios históricos da instituição.

Para a realização da inspeção foi definida uma antessala deste prédio, com área de 98,16m², localizada na lateral esquerda, entre salas administrativas, a cantina do prédio, a sala de informática e o corredor, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Desenho esquemático com a localização da antessala



Fonte: Os autores

Quadro 1 – Informações referentes as siglas do desenho esquemático da antessala

SIGLAS	ESPECIFICAÇÃO	MEDIDAS
P1	Parede 1	–
P2	Parede 2	–
P3	Parede 3	–
P4	Parede 4	–
J1	Janela 1	1,30 x 2,20m h = 1,00m
Pa1	Porta 1	0,95 x 2,20m
Pa2	Porta 2	2,10 x 3,50m
Pa3	Porta 3	1,80 x 2,20m
Pa4	Porta 4	1,80 x 2,20m
PV1	Parede de Vidro 1	
PV2	Parede de Vidro 2	

Fonte: Os autores

A antessala é uma área comum de circulação. É de alvenaria com revestimento e acabamento em pintura. Seu teto é constituído de laje. Além disso, há a presença de janelas e portas amplas que permitem a passagem de luz para o ambiente. Ademais, esta antessala também recebe a luminosidade oriunda do corredor. Tanto a porta (Pa4) e paredes PV2 da cantina, quanto a porta (Pa3) e paredes PV1 do laboratório de informática são de vidro.

Para a coleta de imagens foi utilizado o VANT DJI Mavic 2 Zoom, sendo necessário utilizar apenas 1 bateria, já que o tempo de inspeção não passou de 31 minutos (tempo de autonomia definido pelo fabricante) e considerando que foram feitas pausas entre a coleta de imagens de uma parede e outra. Este modelo possui sensores de colisão em 360°, sendo 2 sensores localizados na parte inferior do equipamento, 1 localizado no lado direito, 1 no esquerdo, 1 na parte frontal e 2 na parte de trás. O modelo não possui sistema de proteção de hélices. E o controle do voo foi realizado pelo aplicativo originalmente fornecido pelo fabricante, o DJI GO 4.

Para a realização do voo foi necessário ativar o modo de voo cinemático nas configurações do drone, essa modalidade permite que o equipamento possa ser operado com velocidades de deslocamento mais lentas, garantindo um controle maior e evitando choques acidentais contra a parede e/ou outros objetos. Também foi necessário desativar os sensores laterais para que o equipamento permitisse uma maior aproximação dos cantos das paredes.

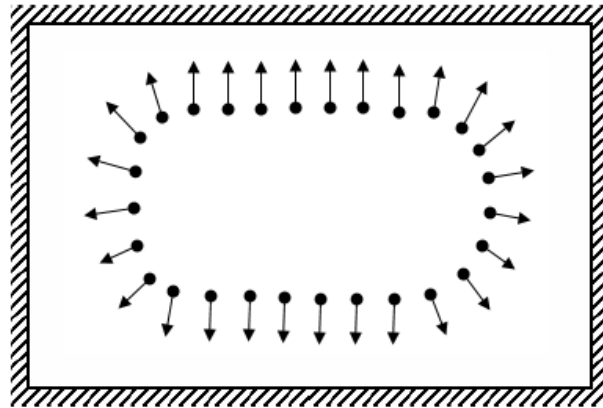
Para a estabilidade do voo o drone contou com o sensor de GPS e pelo sistema de posicionamento visual (VPS). O VPS faz uso das diversas câmeras distribuídas pelo drone com a finalidade de leitura do ambiente. Enquanto o drone realiza o voo, estas câmeras fazem uma reconstrução 3D em tempo real do ambiente, desta forma, ele consegue identificar os obstáculos próximos a ele. Além disso, o VPS também faz uso de um sonar na parte inferior do drone, cuja função é colaborar com a detecção dos obstáculos abaixo dele.

Para o registro das imagens utilizou-se um sensor RGB de 12MP no qual foi mantida as suas configurações automáticas. O registro das imagens foi manual considerando o espaçamento definido pelo operador a partir de uma taxa de sobreposição de cerca 50% na vertical e horizontal.

A inspeção foi realizada em quatro etapas, onde cada uma delas corresponde a um dos lados da antessala. O drone foi posicionado a uma distância média de 2,0m da parede e sua posição durante a coleta (linhas de voo) pode ser vista na Figura 2. Cada lado foi fotografado de uma ponta a outra, em 3 linhas de voo (Figura 3), ou seja, em 3 alturas distintas, onde a primeira foi com uma altura de 50 cm, a segunda possuía 2,60 m de distância do chão e a terceira e última tinha 3,60 m de distância.

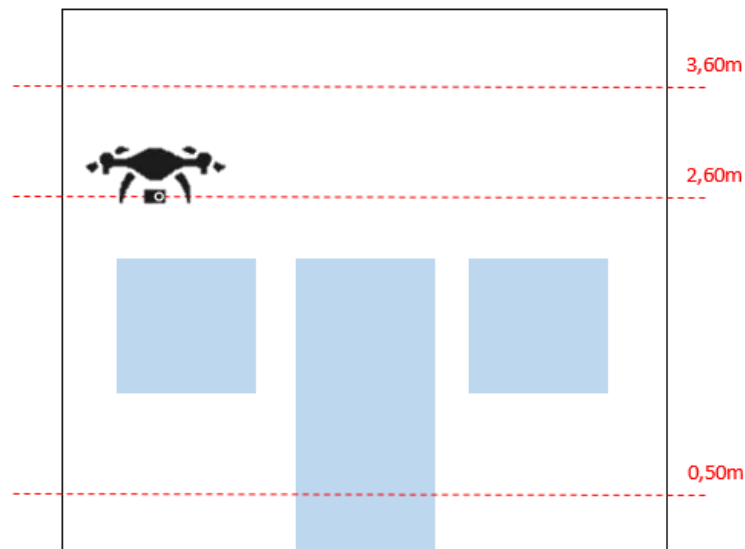
A inspeção foi realizada durante o dia, estando, assim, a antessala bem iluminada. As portas e janelas presentes no local e as janelas mais próximas do corredor estavam fechadas, reduzindo a passagem do vento durante a coleta.

Figura 2 – Posição do drone durante a coleta de imagens (vista superior)



Fonte: Os autores

Figura 3 – Posição do drone durante a coleta de imagens (corte)

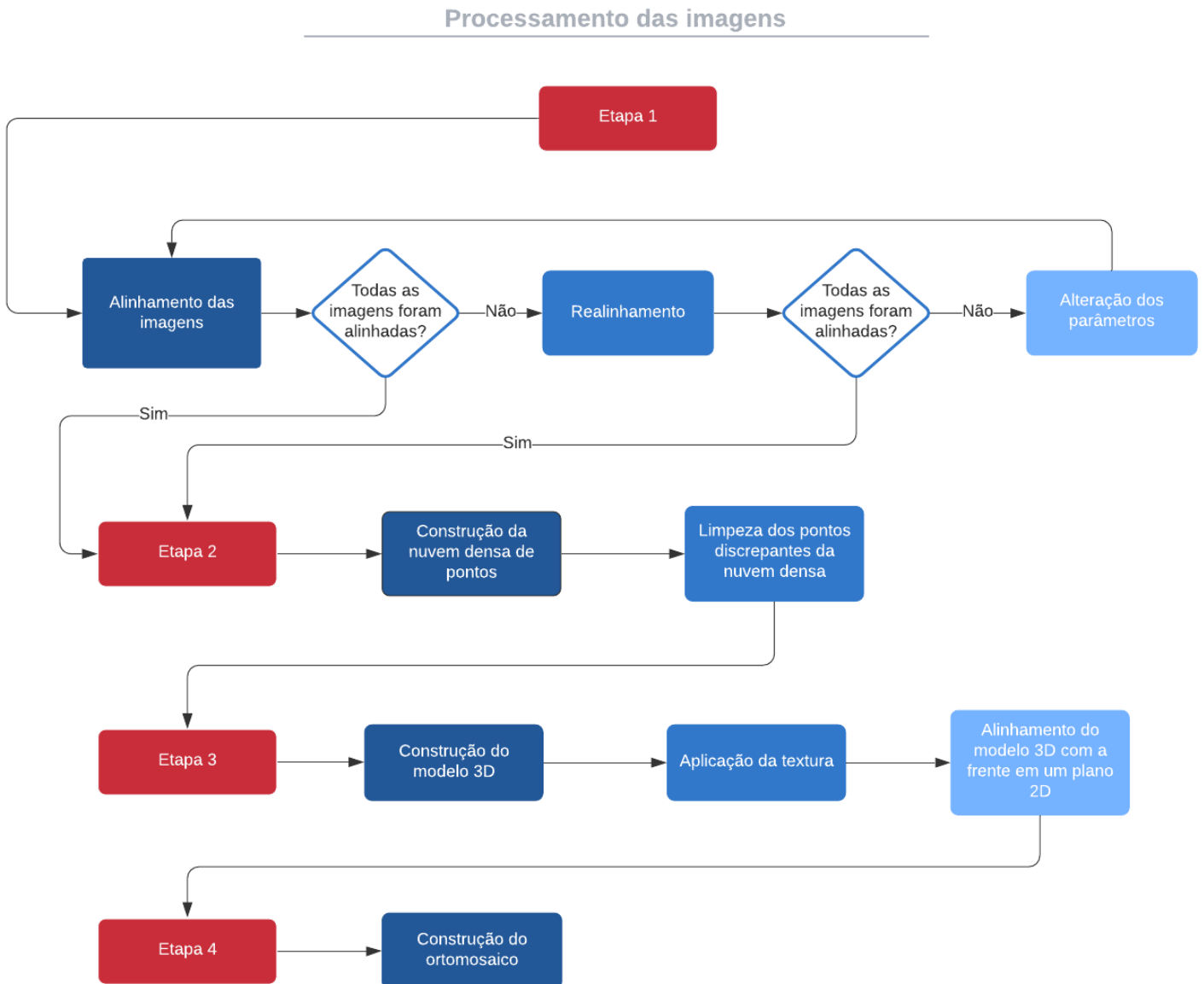


Fonte: Os autores

As imagens captadas durante a inspeção foram processadas através do software Agisoft Metashape, versão 1.5.1, utilizando um notebook HP com as seguintes configurações: processador Intel(R) Core (TM) i7-2670QM CPU 2,20 GHz, 8 GB de memória instalada (RAM) e sistema operacional de 64 bits.

O processamento das imagens se dá a partir de 4 etapas, sendo elas: Alinhamento das imagens, construção da nuvem densa, construção do modelo 3D e construção do ortomosaico. A Figura 4 apresenta a sequência do processamento.

Figura 4 – Fluxograma com as etapas do processamento das imagens



Fonte: Os autores

Na ETAPA 1 (ALINHAMENTO DAS IMAGENS) o software analisa cada imagem em separado, unindo os pontos em comum entre elas e gerando uma espécie de nuvem de pontos espaçados. Inicialmente é feito um primeiro alinhamento, onde os parâmetros para processamento são informados ou mantidos os automáticos definidos pelo software, e ele se encarregará de reconhecer os pontos em comum dentre as imagens. Quando alguma imagem

não consegue ser alinhada pelo programa, é necessário fazer o realinhamento, onde são selecionadas todas as imagens que precisam ser alinhadas, e sem a necessidade de definir novos parâmetros, submete-se o software a esta segunda tentativa. Caso ainda não tenha sido possível fazer o alinhamento de todas as fotos, altera-se alguns parâmetros e reinicia o processo.

Na ETAPA 2 (CONSTRUÇÃO DA NUVEM DENSA) é formada um modelo 3D prévio, formado por um conjunto mais complexo e unido de pontos. Ainda nessa etapa é possível proceder com uma limpeza, eliminando os pontos mais discrepantes e que não contribuem para a formação da imagem desejada.

Na ETAPA 3 (CONSTRUÇÃO DO MODELO 3D) o software constrói uma versão definitiva da imagem em 3D, mais complexa e real. Como inicialmente o modelo construído é desfocado e não apresenta as formas definidas, é necessário fazer a aplicação da textura, que consiste na aplicação de pedaços das imagens reais no modelo 3D, de modo a reconstruir todos os detalhes da parede.

Por fim, com o modelo 3D concluído, a ETAPA 4 (CONSTRUÇÃO DO ORTOMOSAICO) consiste em posicionar o modelo na posição frontal, capturando a vista retificada para produção do ortomosaico.

Resultados e discussões

Considerações sobre o voo indoor e registro das imagens:

Neste item serão apresentadas as considerações gerais sobre a realização do voo e o processo de coleta de imagens no ambiente indoor selecionado.

Observou-se que o drone sofreu algumas oscilações durante o voo. Parte destas oscilações são inerentes a este tipo de aeronave, porém percebeu-se que as oscilações também foram geradas pela presença de vento no ambiente. Visto que portas e janelas estavam fechadas, entende-se que parte delas foram devidas ao vento gerado pelas próprias hélices, que após rebater nas paredes e pisos retornava para o drone. Entretanto, estas oscilações não impediram a coleta das imagens. Ao todo foram coletadas 213 imagens, sendo 47 da parede P1, 64 da P2, 41 da P3 e 61 da P4.

Além disso, durante a captura das imagens, percebeu-se que houve oscilações nas leituras do sinal de GPS, demonstrando que o sinal falhou em diversos momentos. Isto valida o verificado por Lin et al. (2015 apud Ham, 2016), que sugere que em uma inspeção indoor pode haver variações no GPS, devido à perda do sinal. Essa oscilação resultou em falhas nas coordenadas das imagens, o que fez com que algumas ficassem registradas com os dados de localização, enquanto outra não. Ademais, devido a essa oscilação deste sinal, observou-se que

a estabilização do drone foi possível devido ao VPS, não tendo contribuição significativa do GPS.

Processamento das imagens para a criação do 3D e ortomosaicos:

Para uma melhor compreensão dos resultados do processamento, a apresentação será dividida em 2 partes, que serão subdivididas de acordo com as 4 etapas principais (alinhamento das imagens, construção da nuvem densa, construção do modelo 3D e construção do ortomosaico). Entretanto na segunda parte haverá ainda uma outra subdivisão de acordo com cada parede trabalhada.

PARTE 1: Processamento simultâneo de todas as imagens

Nessa primeira parte do processamento (Parte 1) foram trabalhadas simultaneamente todas as imagens coletadas com o drone. Para isso todas as fotografias captadas na inspeção foram lançadas no software para ser submetidas nas 4 etapas definidas na metodologia.

ETAPA 1 - ALINHAMENTO DAS IMAGENS: Das 213 imagens coletadas nas 4 paredes da antessala, o software conseguiu alinhar automaticamente somente 97 delas. Uma nova tentativa de realinhamento foi feita, porém também não se obteve êxito na ação. Tentativas também foram realizadas alterando o parâmetro de precisão (do posicionamento) das imagens, com exceção das mais altas, devido às limitações do hardware utilizado no processamento. Este parâmetro permite obter uma estimativa do posicionamento das imagens, com certa precisão, posicionando-as de modo que se complementem e seja possível encontrar os pontos comuns.

Diante do baixo número de fotos alinhadas, o software não conseguiu gerar a nuvem densa, impossibilitando a continuação do processamento. A partir disso, mudou-se o método e decidiu-se realizar o processamento individualmente para cada uma das paredes.

PARTE 2: Processamento individual por paredes

a) Parede 1 (P1):

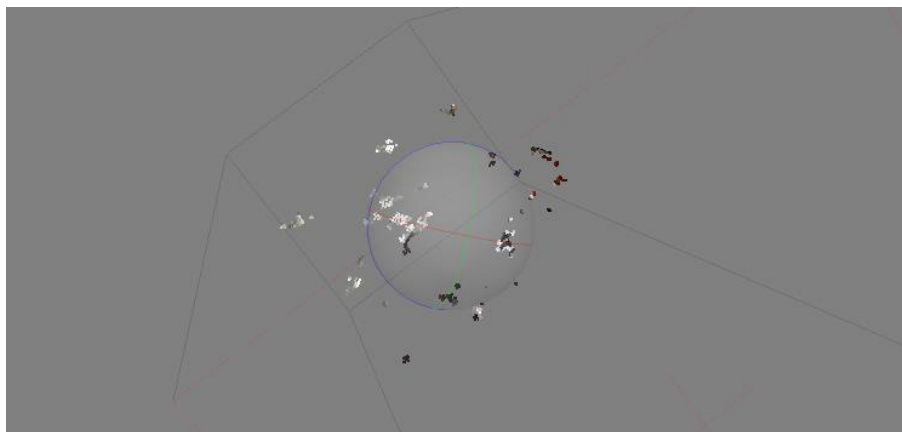
A primeira parede a ser trabalhada foi a P1. Sua escolha como primeira deu-se pela presença de uma porta de vidro preto de grande dimensão e uma parede pela qual se estende o mesmo material de vidro, o que poderia acarretar problemas no processamento devido ao fato do material refletir objetos através da porta.

ETAPA 1 - ALINHAMENTO DAS IMAGENS: O processamento foi feito utilizando a precisão “baixa”, definida por ser a opção intermediária dentre as suportadas pelo hardware utilizado, e os demais parâmetros foram mantidos os pré-definidos pelo software. Entretanto,

não foi possível alinhar todas as imagens, para isso foi necessário fazer o realinhamento, ação que permitiu que todas as imagens fossem alinhadas.

ETAPA 2 - CONSTRUÇÃO DA NUVEM DENSA: A primeira tentativa para a construção da nuvem densa foi feita utilizando o parâmetro de qualidade “muito baixa” e, o de filtragem de profundidade “agressiva”. O primeiro se refere a qualidade de construção da nuvem densa que se deseja alcançar, onde as configurações mais altas apresentam maior riqueza de detalhes, embora requerem maior tempo de processamento e um hardware mais avançado, enquanto que o segundo parâmetro diz respeito a pequenos detalhes ou mal focados que precisam de uma maior atenção, porém como nas paredes analisadas não haviam detalhes significativos, utilizou-se o modo de filtragem agressiva, sendo ele o mais indicado nesta situação. Entretanto, com estes parâmetros, o software não conseguiu detectar uma grande quantidade de pontos em comum entre as imagens, o que resultou em uma imagem não definida, conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Erro na geração da nuvem densa



Fonte: Os autores

Após a verificação das coordenadas geográficas de cada imagem percebeu-se que nem todas as imagens apresentavam seus respectivos dados, situação ocorrida devido a oscilação do sinal do GPS durante a coleta. Percebeu-se, então, que esse era um dos problemas que estavam impedindo a construção da nuvem densa.

Para contornar este problema excluiu-se todas as informações de coordenadas presentes nas imagens através do programa ExifPurge. Após reprocessamento, a nuvem densa foi gerada adequadamente, conforme mostra a Figura 6. Também foi possível melhorar a qualidade da imagem a partir da mudança da configuração para “baixa”. Os demais parâmetros foram mantidos os mesmos.

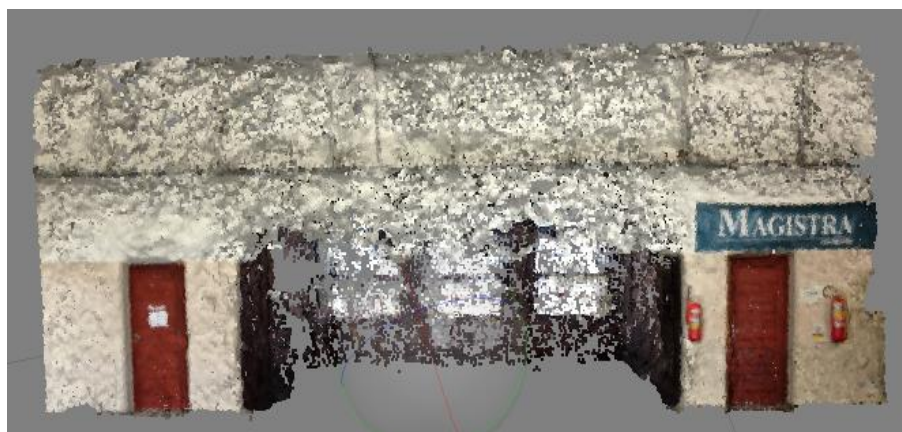
Figura 6 – Nuvem densa após a eliminação das coordenadas das imagens



Fonte: Os autores

Ao analisar a Figura 6 é possível perceber que a porta de vidro existente nesta parede ganhou uma forma em 3D. Isto ocorreu porque o vidro é transparente e permitiu a captação de imagens internas a sala, fato que levou o software a interpretar estas dimensões. Ainda na Figura 6 é possível observar que algumas partes da nuvem densa não contribuem para a formação da imagem, sendo pontos discrepantes que precisam ser retirados para que se possa obter uma imagem mais limpa e precisa. Feita a limpeza desses pontos, obteve-se uma nuvem densa com imagem mais definida, conforme pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 – Nuvem densa após limpeza dos pontos discrepantes



Fonte: Os autores

ETAPA 3 - CONSTRUÇÃO DO MODELO 3D: Após a construção da nuvem densa foi gerado o modelo 3D, no qual a fonte de dados utilizada foi a nuvem densa gerada na etapa anterior, e quanto aos demais parâmetros foi mantida a configuração automática. Para melhorar o modelo construído nesta etapa foi feita a aplicação de textura, sempre mantendo os parâmetros

informados pelo software. Feito isso, a imagem 3D ficou mais definida, conforme pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Modelo 3D após aplicação de textura



Fonte: Os autores

Entretanto verificou-se que o modelo 3D gerado após a aplicação da textura evidenciou partes da imagem que não foram identificadas na etapa anterior, como o piso da frente e parte das paredes laterais (P3 e P4). Ainda que fossem retirados todos os pontos, referentes a estas partes, na nuvem densa, eles ainda apareciam no modelo 3D.

Para sanar o problema deste modelo foi necessário aplicar máscaras em todas as imagens, limitando apenas as regiões de interesse da P1.

Após a aplicação das máscaras as três primeiras etapas de processamento foram refeitas (alinhamento das imagens, construção da nuvem densa e construção do modelo 3D). O resultado pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Modelo 3D após aplicação de textura

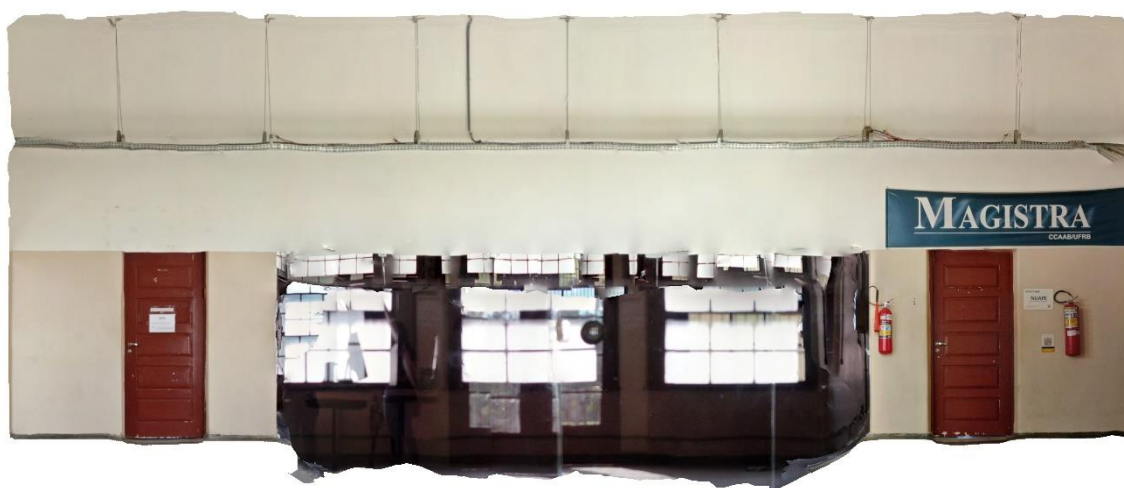


Fonte: Os autores

A partir da Figura 9 é possível perceber a diferença resultante da aplicação das máscaras quando em comparação com a Figura 8. Nela é possível observar que as paredes laterais não aparecem mais, surge em seu lugar uma espécie de reflexo da P1, o que ocorre também com parte do piso e do teto. Diferentemente da Figura 8, o piso da frente da porta de vidro não aparece, ainda que nas duas situações a limpeza desses pontos tenham sido feitas da mesma forma, o que evidencia a influência que as máscaras tiveram na delimitação da imagem.

ETAPA 4 - CONSTRUÇÃO DO ORTOMOSAICO: Para construir o ortomosaico foi necessário fazer ajustes a partir da rotação do modelo 3D, deixando sua base o mais alinhada possível ao eixo horizontal, e sua lateral paralela ao eixo vertical. O resultado pode ser visualizado na Figura 10.

Figura 10 – Ortomosaico da P1



Fonte: Os autores

Na Figura 10 é possível observar que as superfícies refletidas presentes no modelo 3D (Figura 9) já não aparecem, ganhando uma forma mais definida onde antes elas se encontravam. Entretanto, na frente da porta de vidro surgiu uma parte do piso com forma indefinida, além de algumas deformações ao longo deste trecho em vidro.

b) Parede 2 (P2):

A P2 foi processada seguindo os parâmetros iniciais utilizados na P1 para as 4 etapas previstas na metodologia, com exceção do momento da aplicação das máscaras, que neste caso foi feito já no início. O resultado pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Ortomosaico da P2



Fonte: Os autores

Importante ressaltar que algumas distorções foram observadas durante o processamento para a construção do ortomosaico, especialmente nos objetos que se encontravam à frente da parede, como a estufa e a prateleira, e na porta da esquerda (azul). Por este motivo, foi necessário fazer algumas tentativas de processamento alterando a precisão do alinhamento e a qualidade da nuvem densa entre baixa e muito baixa, onde os melhores resultados obtidos foram encontrados para a precisão “baixa” e qualidade “muito baixa”.

Além dos parâmetros acima mencionados foram alteradas as máscaras. Inicialmente aplicou-se a máscara apenas no que realmente estava sendo visualizado na P2, mas durante o processamento observou-se que ainda havia muitos erros. Então, em um segundo momento foi acrescentado algumas partes da P4 na parte superior da sala pequena, buscando sanar as distorções surgidas nesta parte, e retirou-se tudo da P3, além do piso e teto, mas novos erros surgiram após o novo processamento, como novas distorções na estufa (localizada no canto inferior direito), na prateleira e na sala pequena. Por fim, foi feita uma análise na qual se observou item por item que se deformava durante as tentativas de processamento, e assim as máscaras foram refeitas retirando ou acrescentando partes, de modo a deixar apenas o que contribuía para uma versão mais refinada, e desta forma, e com os parâmetros informados inicialmente, obteve-se a melhor versão para a P2, como pode ser visto na Figura 11.

c) Parede 3 (P3):

A Figura 12 mostra o resultado obtido na construção do ortomosaico da parede P3. A construção da P3 apresentou mais dificuldades do que as paredes anteriores. A presença da estufa (armário com porta azul), das lixeiras e da porta de vidro interferiram na identificação

por parte do software dos pontos homólogos, principalmente porque estes elementos ocuparem praticamente toda a base da parede. O programa só conseguiu um número adequado de imagens alinhadas quando a configuração de precisão foi alterada para média.

Ao analisar as fotos impedidas de alinhamento percebeu-se que elas estavam mais escuras quando comparadas as demais, o que pode ter sido um dos motivos para não terem sido reconhecidas pelo software. O processamento foi refeito várias vezes, alterando parâmetros e máscaras, até que fosse possível alcançar uma imagem um pouco mais clara e menos distorcida dessa parede.

Figura 12 – Ortomosaico da P3



Fonte: Os autores

Como pode ser visto na figura acima, diferentemente das Figuras 10 e 11, não foi possível ter uma formação mais definida da P3. Embora na parte de baixo os objetos estejam com uma boa representação, a parte de cima da parede se encontra deformada, ao ponto de não ter sido possível definir os limites da parede. Isto também é observado na parte que se encontra a porta da cantina, onde é possível ver que o software não conseguiu fazer a reconstrução, o que já era esperado devido a presença da porta de vidro, que, como visto na Figura 10, causa deformações no ortomosaico devido ao espelhamento de objetos próximos.

d) Parede 4 (P4):

A Figura 13 mostra o resultado obtido para o ortomosaico da parede P4. É possível perceber pela imagem que não foi possível fazer a reconstrução do corredor que dá acesso a antessala a partir da parede P4. Além disso, observa-se também que a sala pequena e a prateleira, vistas na Figura 11, também se encontram a frente desta parede, e percebe-se que ambas sofreram distorções, principalmente a prateleira. Devido à presença dessas 3 situações (corredor, sala pequena e prateleira), o processamento da P4 foi prejudicado, apresentando falhas e distorções, embora, diferente da P3, apresente uma melhor delimitação da parede.

Figura 13 – Ortomosaico da P4



Fonte: Os autores

Além dos problemas informados anteriormente, outra questão do processamento vale ser ressaltada. Quando as imagens foram inseridas no software e então processadas, o modelo gerado apresentou um corte diagonal, partindo do meio da lateral esquerda até o meio inferior do corredor, e a área abaixo deste corte não apresentava uma imagem definida. Entretanto, para resolver essa situação foi necessário apenas mexer na região do modelo, onde ele foi ampliado e rotacionado, para que assim fosse possível ter uma área maior, para a região englobar mais pontos, e assim, apresentar um modelo mais completo, como visto na Figura 13.

Nesta parede, assim como nas demais, foram aplicadas as máscaras nas imagens, entretanto, ainda houve distorções, principalmente com o piso da frente do corredor, que embora retirado na nuvem densa, ainda aparecia no modelo 3D e no ortomosaico, bem como ocorreu na P1 (Figura 10).

e) Análise das 4 paredes

A partir do processamento das imagens foi possível observar que não existe uma solução padrão que se aplique a todas as situações. Para cada parede foram necessárias tomar decisões distintas, para o processamento, visto que cada uma apresentava algum obstáculo, como a presença das portas e paredes de vidro na P1 e P3, que refletiam objetos no seu entorno, principalmente do interior dos ambientes adjacentes. Ainda nessa situação foi possível perceber que a coloração do vidro também interferiu na reconstrução da parede, onde na P1 o software ainda conseguiu reconstruir a parte de vidro com certo êxito, por ela ser preta, enquanto na P3, pelo fato do vidro ser transparente, o programa teve grandes dificuldades em fazer toda a reconstrução.

A presença das lixeiras e da estufa também dificultaram a reconstrução da P3, além do fato dela se tratar de uma parede de pequeno comprimento em relação as outras e de que havia em toda sua extensão objetos que a cobriam. A presença da estufa, da prateleira, da sala pequena e do corredor também foram pontos que causaram distorções durante o processamento, em todas as paredes que se encontravam.

Observou-se também, que, de um modo geral, cabos, fios e qualquer outro objeto pendurado a frente da parede sofreram distorções durante o processamento, entretanto, devido a suas dimensões, essas distorções não causavam grandes prejuízos à parede como ocorreu nas situações mencionadas anteriormente.

Percebeu-se também que os acessórios e objetos de pequena dimensão, como as placas e extintores de incêndio, e as portas e janelas de madeira localizadas em algumas paredes foram bem representadas de um modo geral, não apresentando distorções significativas.

Foi possível observar também que as partes dos ortomosaicos que não tinham distorções apresentavam uma boa qualidade que permitia a visualização de imperfeições nas paredes, como por exemplo, na Figura 11 onde é possível observar o descascamento da pintura na P2. Entretanto, os ortomosaicos devem ser analisados com cautela, visto que em todas houve distorções em algum ponto, o que pode causar uma análise errônea de manifestações patológicas, podendo não aparecer onde existem ou até mesmo aparecer em lugares diferentes.

Conclusão

A partir do trabalho desenvolvido, percebeu-se que dentro do espaço confinado há a oscilação do sinal do GPS, devido a isso, o drone não pôde contar com ele para sua estabilização, ficando sob a responsabilidade do VPS manter sua estabilidade durante o voo. Além disso, a oscilação do sinal do GPS também contribuiu significativamente na variação e/ou

perdas das coordenadas das imagens coletadas, inviabilizando o processamento simultâneo dos ortomosaicos das 4 paredes.

Ao se processar cada uma das paredes separadamente, observou-se que objetos que estavam localizados a sua frente, como prateleira, estufa e lixeiras, as portas e paredes de vidro, presença de corredor e salas a sua frente prejudicaram a construção das paredes. E que no caso das portas e paredes de vidro, além da sua presença, sua coloração também foi decisiva na intensidade da sua interferência. Observou-se que objetos finos pendurados embora se deformem com o processamento, eles não provocam distorções nas paredes. E no que diz respeito aos acessórios e objetos de pequena dimensão e as esquadrias de madeira localizadas em algumas paredes, percebeu-se que não há distorções significativas.

Observou-se que de um modo geral os ortomosaicos apresentaram uma alta resolução, permitindo a verificação de manifestações patológicas, entretanto, no caso da P1 não seria possível a detecção de danos de pequenas dimensões como fissuras de pequena abertura, pois sua resolução se mostrou inferior as demais, e a P3, embora tenha uma alta resolução, por apresentar grandes distorções, se mostra inviável para análise destes danos. Assim, as imagens podem sim ser utilizadas para análise das manifestações patológicas de médias e grandes dimensões, e em alguns casos podem também identificar aquelas de pequenas dimensões, desde que o ortomosaico não tenha sofrido deformação significativa ou apresente a presença de superfície de vidro ou espelhadas.

Portanto, com base em tudo que foi verificado, conclui-se que os ortomosaicos gerados de um ambiente podem ser utilizadas para construção de um mapa de danos, desde que o ambiente se encontre livre de obstáculos à frente das paredes, além de corredores, portas de vidros e outras superfícies que refletem o objeto do seu entorno, desta forma, espera-se que os ortomosaicos gerados não apresentem deformações significativas. Ademais, o melhoramento espectral das imagens antes do processamento se faz importante para permitir equalizá-las no que diz respeito a brilho e contraste, por exemplo, facilitando a detecção dos pontos pelo software, o que pode colaborar também para a construção de um ortomosaico com menos deformações.

Referências

AERO Drone Brasil. **Sensores Embarcados e suas Finalidades**. Disponível em: <<https://www.aerodronebrasil.com/2017/11/24/sensores-embarcados-e-suas-finalidades/>>. Acesso em: 09 de junho de 2020.

AR. drone 2.0 power edition voe ainda mais. **Parrot**. Disponível em: <<https://www.parrot.com/global/drones/parrot-ar-drone-20-power-edition>>. Acesso em: 27 de junho de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020.

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. Inovação na gestão da qualidade: Utilização de VANT em inspeções em projetos civis. **Anais do VI SINGEP**, São Paulo - SP, v. 6, 2017.

FACCO, F. L. B.; PEGORARO, A. J. Utilização de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas na agricultura de precisão. **Revista Geonorte**, [s. l.], v. 10, ed. 34, p. 129-152, 2019.

FEITAL, M. R. **Uso de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) para inspeção de Projetos de Construção Civil**. Juiz de Fora, 2017.

FREIMUTH, H.; KÖNIG, M. Planning and executing construction inspections with unmanned aerial vehicles. **Automation in construction**, [s. l.], v. 96, p. 540-553, 2018.

GOMES, R. R. et al. Análise, modelagem e impressão 3d de um frame para vants do tipo quadricópteros para voos em ambiente indoor. **Revista Univap**, São José dos Campos - SP, v. 22, n. 40, 2016.

HAM, Y. et al. Visual monitoring of civil infrastructure systems via camera-equipped Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): a review of related works. **Visualization in Engineering**, [s. l.], p. 1-8, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo, 2012.

KAN, M.; OKAMOTO, S.; HOON LEE, J. Development of Drone Capable of Autonomous Flight Using GPS. **Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS)**, Hong Kong, v.2, p. 14-16, 2018.

LOVELACE, B.; WELLS, J. Full *coverage* - Minnesota DOT expanding drone use for bridge inspections. **ROADS&BRIDGES**, p. 34-38, 2018.

LISBOA, D. W. B. et al. Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. **CONTECC**, Maceió, 2018.

MATTOS JR., A. S. et al. Inspeção predial - descompasso entre legislação e prática. **XIX COBREAP**, Foz do Iguaçu, v.19, 2017.

MELO JÚNIOR, C. M. et al. Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por Vant e uso de fotogrametria digital. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 211-226, jul./set. 2018.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. Quality Assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Visual Inspection of Structures. **Advances in Structural Engineering**, United Kingdom, v. 17, N°. 3, 2014.

NEVES, D. R. R.; BRANCO, L. A. M. N. Estratégia de inspeção predial. **Construindo**, Belo Horizonte, v .1, n.2, p.12-19, jul./dez. 2009

RAUBER, E. R. et al. Análise bibliográfica sobre as potencialidades da aquisição de imagens multi e hiperespectrais por VANTs no auxílio à inspeção de obras de arte especiais. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 44-61, jan/mar. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5924>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

REICH, L. **Breakdown of drone remote sensing sensor**. Disponível em: <<https://geoawesomeness.com/breakdown-drone-remote-sensing-sensors/>>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

SHAH, A. Dronut files cleo is building a handheld drone that can fly indoors. **Mechanical Engineering**, p. 11-12, 2018.

SILVA, D. C. Evolução da fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, [s. l.], v. 3, ed. 2, p. 81-96, 2015.

TKÁČ, M.; MÉSÁROŠ, P. Utilizing drone technology in the civil engineering. **SSP - Journal of Civil Engineering**, v. 14, Issue 1, 2019.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil. **Boletín Técnico**, Mérida, México, v.1, mar. 2013.

USO de drone barateia custos de vistorias em imóveis. **O Globo**, 2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/uso-de-drone-barateia-custos-de-vistorias-em-imoveis-22717111>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

VERA, B. A.; IBÁÑEZ, E. B.; PARADA, I. K. R. Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. **Revista Tecnura**, 19, p. 113-120, 2015. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a09

VOLOTÃO, C. F. de S. **Geração de ortoimagens para aplicações urbanas: desenvolvimento das equações e protótipo experimental**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2004.

ZHOU, S.; GHEISARI, M. Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review. **Construction Innovation**, Florida, v. 18, N°. 4, p. 453-468, 2018.