



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

ADRIANO **TAKEO** OBA, Cap Av

Investigação de Acidentes Aeronáuticos: A implantação da tecnologia de fotogrametria digital com uso de drone na Ação Inicial

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

ADRIANO TAKEO OBA, Cap Av

Investigação de Acidentes Aeronáuticos: A implantação da tecnologia de fotogrametria digital com uso de drone na Ação Inicial

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Segurança de Voo

Orientador: Wellington Azevedo dos Santos,
Maj Inf

Rio de Janeiro

2022

ADRIANO **TAKEO** OBA, Cap Av

Investigação de Acidentes Aeronáuticos: A implantação da tecnologia de fotogrametria digital com uso de drone na Ação Inicial

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Edivaldo Pires de **Figueiredo**, Ten Cel Esp Sup Tec
EAOAR

Wellington Azevedo dos Santos, Maj Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

A investigação de acidentes aeronáuticos é umas das principais ferramentas do processo de prevenção, com o intuito de se resguardar vidas humanas e bens materiais. A primeira fase do processo de investigação SIPAER é a Ação Inicial, que consiste na coleta de dados da ocorrência, e ocorre no local do acidente. Uma de suas tarefas principais é a captura de imagens da aeronave e seus destroços. No entanto, ainda existem limitações no procedimento desta coleta, que em alguns casos, dificultam a sua análise. Portanto, o intuito deste ensaio é propor que a implantação da tecnologia de fotogrametria digital, em conjunto com o uso de drone, contribuirá para o aumento da eficiência do processo de investigação. Tal afirmativa se fundamenta, inicialmente, no aumento da qualidade da coleta de imagens da ocorrência aeronáutica, haja vista que essa tecnologia possibilitará a construção de um cenário tridimensional e mais realista, facilitando sua análise e colaborando para que a investigação ocorra de maneira mais objetiva e com melhor consistência. Também se vislumbra benefícios adquiridos em termos de acessibilidade para a equipe de investigação no sítio de destroços através dessa implantação, uma vez que isso ajudará a evitar a perda de informações valiosas por se encontrarem em lugares de difícil acesso. Sendo assim, o consequente aumento da eficiência da investigação trará ganhos para a sociedade, através do aperfeiçoamento do processo de prevenção de acidentes aeronáuticos, fortalecendo a preservação de vidas humanas e bens materiais, além de reafirmar o reconhecimento da qualidade do SIPAER perante o mundo.

Palavras-chave: Fotogrametria. Drone. Acidente Aeronáutico. Investigação. Destroços.

1 INTRODUÇÃO

A aviação, desde a sua criação, é considerada uma atividade de risco. No Brasil, com o intuito de se preservar vidas humanas e bens materiais decorrentes de acidentes aeronáuticos, foi criado o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), o qual é regido pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Uma das ferramentas de prevenção utilizadas por esse sistema, visando à segurança de voo, é a investigação de acidentes aeronáuticos, com a finalidade de apurar quais foram os fatores contribuintes, sem apontar responsáveis ou culpados, e extrair os seus aprendizados para posterior divulgação, com a premissa de se prevenir novos acidentes por motivos recorrentes (BRASIL, 2017).

O primeiro passo do processo de investigação, após a sua notificação, é a Ação Inicial, que consiste em coletar os dados no local do acidente. A qualidade dessa etapa é crucial para o restante do processo, pois é a oportunidade de se obter evidências fidedignas disponíveis devido ao recente acontecimento. Uma das tarefas principais nessa coleta é a captação de imagens dos destroços e do terreno em diversos ângulos e distâncias. Porém, mesmo com os equipamentos disponíveis hoje em dia, ainda há limitações que, em alguns casos, dificultam a sua análise, ou o pleno acesso ao local dos destroços.

Existe uma tecnologia utilizada há muitos anos em diversas áreas da geociência denominada fotogrametria. Ela consiste em processar imagens georreferenciadas e tridimensionais de ambientes ou objetos, com dimensionamento em medidas de tamanho confiáveis, captadas através de câmeras (SOMBRA, 2017). Com o decorrer de sua evolução, ela se digitalizou, e se tornou cada vez mais automatizada, rápida e barata, em muitos casos, utiliza-se drone como plataforma para imageamento aéreo, e sua reconstrução em 3D é processada por software destinado a esse fim.

Portanto, o intuito deste ensaio é propor que a implantação da tecnologia de fotogrametria digital, em conjunto com o uso de drone, contribuirá para o aumento da eficiência do processo de investigação.

Tal afirmativa se fundamenta, inicialmente, no aumento na qualidade da coleta de imagens da ocorrência aeronáutica, haja vista que essa tecnologia possibilitará a

construção de um cenário tridimensional e mais realista para a sua análise, contribuindo para que a investigação ocorra de maneira mais objetiva e com melhor consistência. Também se vislumbra benefícios adquiridos em termos de acessibilidade para a equipe de investigação no sítio de destroços através dessa implantação, uma vez que existem acidentes que ocorrem em locais de difícil acesso, e isso evitará a perda de informações valiosas que podem se esconder nesses lugares, além de se minimizar riscos para a equipe na coleta de dados dependendo do tipo de acidente e também de aeronave.

2 A INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS

O processo de investigação de um acidente aeronáutico divide-se basicamente em três etapas: coleta de dados, análise dos dados, e a divulgação dos resultados, através do Relatório Final, onde contém, como principais informações, os fatores contribuintes e as Recomendações de Segurança de Voo (BRASIL, 2017).

Durante a coleta de dados, a equipe precisa se deslocar até o local da ocorrência, para visualizar *in loco*, de maneira oportuna, o que houve no local do acidente, bem como coletar as evidências dos acontecimentos.

Na segunda fase, geralmente ocorrida na sede do comando investigador (SERIPA¹ ou CENIPA) é feita a análise dos dados coletados, onde se avaliam todas as circunstâncias da ocorrência. Concomitantemente, se realiza a confecção da minuta do relatório, com seu posterior envio ao CENIPA.

A terceira e última etapa se sucede depois do processamento do Relatório Final, através do qual são divulgados os fatores contribuintes do acidente e as recomendações de segurança de voo.

2.1 O aumento da qualidade na coleta de dados na Ação Inicial

Durante a fase de coleta de dados, após a ocorrência de um acidente aeronáutico, uma equipe de sobreaviso composta por um investigador encarregado e elementos credenciados se deslocam até o local do acontecimento para realizar a Ação Inicial, e ao retornar para a sede do comando investigador, essa equipe não necessariamente será a mesma que procederá à análise investigativa e à confecção

¹ SERIPA-Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

da minuta do relatório, que ocorre após o retorno do local da ocorrência. Em alguns SERIPAs, com o intuito de equalizar a distribuição das tarefas e evitar sobrecarga de trabalho após a coleta de dados, o processo da ocorrência é distribuído por igual entre as equipes de investigação que compõe a organização, para então haver a continuidade das etapas seguintes. Soma-se também, na maioria dos acidentes, o tempo decorrido desde a Ação Inicial até o momento de se prosseguir para a análise, o qual na maioria dos casos é longo, havendo, nesse intervalo, perda de algumas recordações do *crash site*².

No entanto, segundo Hawkins (2016), a capacidade em se reproduzir as imagens, feitas por fotos sobrepostas captadas por drone operado em modo automático, aliado ao seu processamento por software de fotogrametria, irá trazer uma visão realista do local, facilitando o processo de análise, mesmo que tenha decorrido um longo período desde a coleta dos dados.

De Souza (2012) defende que as marcas dos destroços de uma aeronave possuem significados, e podem ter uma história para contar se forem investigadas adequadamente. Ainda, reforça que determinar o que aconteceu em um acidente deve ser seguido por um processo de eliminação, ou seja, também determinar com certeza aquilo que não ocorreu.

Logo, com a condição de se fazer uma análise dos destroços dispostos tridimensionalmente, será possível ter uma percepção mais simples do que é importante, havendo uma definição mais acertada sobre a linha investigativa a ser realizada.

Ademais, uma das tarefas mais valiosas e necessárias realizadas durante uma investigação de acidentes é a construção de um diagrama de destroços, também conhecido como croqui. Trata-se de um mapa do local, com tamanho reduzido em escala de proporção, mapeando a localização de todas as partes da aeronave, marcas de solo e quaisquer outras características notáveis (BARTER, 1999).

Geralmente, o croqui é utilizado para ser inserido na minuta do relatório, a fim de esclarecer a disposição dos destroços de maneira sintética. Hawkins (2016) defende que, considerando a versatilidade em se utilizar a técnica de fotogrametria digital com o uso de drone para imagens aéreas, será possível confeccionar o

²Crash Site- Sítio de Destroços

diagrama de maneira mais prática do que se fosse feito manualmente, e isso trará uma precisão acurada nas medidas. Além disso, o autor afirmou que através dessa construção, será possível encontrar peças escondidas de uma aeronave que teve seus destroços espalhados.

Isso significa que se tornará exequível realizar esse mapeamento sem haver o trabalho para efetuar as medições de todos os pontos essenciais, distâncias entre partes da aeronave e local ou obstáculo de primeiro impacto utilizando fita métrica no local do acidente. Essas medidas já estarão disponíveis na imagem, trazendo mais consistência nas análises. Ainda, ao localizar todas as peças de aeronave espalhadas, o investigador poderá deduzir de forma mais acertada sobre qual foi o tipo de impacto na ocorrência, se foi com bastante energia ou não, qual era o ângulo no momento do choque, se havia potência ou não, ou se houve soltura de peça em voo, podendo ser fundamental para a montagem final do “quebra cabeça”.

Dessa forma, uma quantidade de dados mais refinados irá facilitar a análise da coleta de dados no *crash site*, contribuindo para que a investigação se torne mais objetiva e eficiente.

2.2 A melhora da acessibilidade da equipe investigativa no *crash site*

Em muitos acidentes, as ocorrências acontecem em locais de difícil acesso como a Selva Amazônica, onde há extensa densidade vegetativa. Também há casos em que o acidente aeronáutico se dá em barrancos ou morros íngremes, ou até mesmo em regiões urbanas, onde por vezes a queda da aeronave ocorre em cima de telhados. Em todos eles, torna-se dificultoso e perigoso tentar se aproximar dos destroços.

Suh e Choi (2017) afirmam que a utilização de drone para a aplicação da técnica de fotogrametria possibilitou o alcance visual de áreas de mineração na Coreia do Sul antes não possíveis de acessar por apresentarem características como encostas íngremes e terrenos acidentados, devido ao perigo, e com isso, perdiam-se fontes de informações muito importantes.

Trazendo para a realidade da investigação de acidentes aéreos no Brasil, os benefícios da versatilidade do equipamento, os quais já foram atestados por diversos estudos da geologia e também em outras áreas, permitirão que sejam adquiridos dados no sítio de destroços, muita das vezes em locais de acesso

inviável ao homem, os quais possivelmente esconderiam informações valiosas, contribuindo com melhores resultados para a investigação.

Vale ressaltar que há casos em que no local encontram-se produtos perigosos, como explosivos que equipam o assento ejetável de um avião de caça, recipientes pressurizados como de oxigênio, combustível vazado, ou materiais compósitos, contidos em muitas aeronaves modernas, os quais quando fraturados ou queimados, expõem pequenas poeiras que danificam gravemente os pulmões (DE SOUZA, 2012). Nunes (2017) afirmou que dentre as principais aplicabilidades do drone, podemos destacar a possibilidade de aproximação do equipamento em locais com produtos perigosos.

Desse modo, a medida protetiva contra a exposição a esses produtos, além dos cuidados que já são fomentados aos investigadores durante os cursos de formação, pode ser reforçada com a possibilidade de realizar o imageamento do local com o equipamento, utilizando a tecnologia da fotogrametria, de maneira que a coleta seja satisfatória e que não haja perdas de cobertura do local.

Como consequência, a aplicação da fotogrametria, aliada à versatilidade do drone, melhorará significativamente o acesso visual aos locais de risco ao homem, reproduzindo-os de maneira realista, além de contribuir para a segurança dos membros da equipe investigativa.

3 CONCLUSÃO

No Brasil, com o objetivo de se preservar vidas humanas e bem materiais, foi criado o SIPAER, o qual utiliza as ferramentas do processo de prevenção de acidentes aeronáuticos, sendo uma delas a investigação de acidentes aeronáuticos. Através desta, são retirados ensinamentos para que sejam evitadas novas ocorrências aeronáuticas pelos mesmos fatores contribuintes. Dentro do processo de investigação, uma etapa primordial para a garantia da sua qualidade é a Ação Inicial, a qual se for bem feita, facilitará o bom andamento das etapas seguintes. Nesse contexto, uma das atividades essenciais é a coleta de imagens no sítio de destroços, a qual ainda possui limitações que por vezes dificultam a sua análise, ou o pleno acesso à aeronave acidentada.

Portanto, a implantação da tecnologia de fotogrametria digital com uso de drone proverá um aumento da qualidade da coleta de imagens no local do acidente,

sendo permitida uma visualização tridimensional e mais realista para a sua análise, possibilitando também a eliminação do que é menos essencial para a investigação através de uma percepção mais ampla, além de facilitar a confecção do croqui do local para o seu estudo analítico acerca da disposição dos destroços e marcas do acidente em escala de medição precisa.

Outra vantagem abordada para o processo de investigação está relacionada com o incremento na acessibilidade da equipe investigativa em locais de difícil acesso ao homem como matas densas, barrancos íngremes e telhados. Nesse sentido, a versatilidade do equipamento aliada à aplicação da fotogrametria possibilitará a visualização remota desses lugares para a coleta de dados, sem que haja perda de informações valiosas que podem se esconder nesses lugares. Ademais, será possível também explorar o local nos casos em que há a presença de produtos perigosos, cuja aproximação é danosa à equipe investigativa.

Destarte, a aplicação da fotogrametria digital com o uso de drone contribuirá para o aumento da eficiência da investigação SIPAER, aperfeiçoando o processo de prevenção de acidentes aeronáuticos e trazendo benefícios para a sociedade, tornando mais efetiva a preservação de vidas humanas e de bens materiais, além de reafirmar a qualidade do SIPAER, a qual já é reconhecida mundialmente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria nº 17/DOP-SDINV-SERF, de 07 de dezembro de 2017. Aprova a reedição da MCA 3-6 que dispõe sobre o Manual de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, p. 281-780, 11 nov. 2019.

DE SOUZA, R. **Guia Técnico de Ação Inicial para Investigadores Encarregados em Acidentes Aeronáuticos com Aeronaves de Asas Fixas, de Acordo com Técnicas e Práticas Recomendadas Internacionalmente**. 2012. Dissertação (Mestrado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2012.

HAWKINS, S. Using a drone and photogrammetry software to create orthomosaic images and 3D models of aircraft accident. *In: ISASI 2016 Seminar*, Reykjavik, Iceland, 2016. Disponível em: [https://www.isasi.org/Documents/Hawkins%20-%20Using%20a%20drone%20and%20photogrammetry%20software%20V4%20\(PAPER\).pdf](https://www.isasi.org/Documents/Hawkins%20-%20Using%20a%20drone%20and%20photogrammetry%20software%20V4%20(PAPER).pdf). Acesso em: 25 jun. 2022.

NUNES, T.J. **Aplicação da tecnologia através de drones no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia da Informação e Comunicação aplicadas à Segurança Pública e Direitos Humanos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, SC, 2017.

SOMBRA, D. RESENHA-BRITO, JLNS, COELHO FILHO, LCT Fotogrametria digital. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 40, p. 248-250, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v40i0.48447>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SUH, J. e CHOI, Y. Mapping hazardous mining-induced sinkhole subsidence using unmanned aerial vehicle (drone) photogrammetry. **Environmental Earth Sciences**, Alemanha, ano 2017, v. 76, n. 144, n.p. 10 fev. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.007/s12665-017-6458-3>. 2017. Acesso em: 24 jun. 2022.