

USO DE ARP PARA VERIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO 2º ESQUADRÃO DE INSTRUÇÃO AÉREA

Guilherme Augusto Spiegel Gualazzi¹

RESUMO

Este artigo analisa a viabilidade do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP ou RPA) para levantamento de condições meteorológicas de forma remota através de captura e transmissão de imagens. A hipótese levantada é que a obtenção de informações meteorológicas locais através de uma ARP pode ser feita de maneira rápida, precisa, segura, e permitir uma maior consciência situacional do Esquadrão. Para alcançar este resultado foi realizada pesquisa de campo para obter as imagens necessárias para julgamento das condições atmosféricas, realizando sobrevoos da região de tráfego do 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), e, após obtido o material de estudo, feita uma comparação entre os métodos utilizados. Por fim, foi levantada a aplicabilidade do projeto em situação real de emprego diário, o que se mostrou favorável, com algumas sugestões para aprimorar ainda mais esta prática e torná-la cada vez mais eficiente.

Palavras-chave: RPA. VANT. ARP. Drone. Meteorologia. Atividade Aérea.

¹ Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade Metodista de Piracicaba (1992), especialização em Engenharia de Software pela UNICAMP (2005), mestrado em Engenharia de Produção (2000) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (2010). É Professor Titular do Magistério Superior Federal, lotado na Academia da Força Aérea (AFA). Tem experiência na área de Ciências da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão da informação, segurança da informação, tecnologia e sistemas de informação. Desde 2014 promove estudos sobre a aplicação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) e tecnologias embarcadas. É pós-doutorado pela Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP-Pirassununga-SP (2018), onde desenvolveu pesquisa sobre ARP aplicada à zootecnia de precisão. E-mail: gualazzigasg@fab.mil.br.

USE OF RPA TO CHECK WEATHER CONDITIONS IN THE 2ND AIR INSTRUCTION SQUADRON

ABSTRACT

This article analyzes the feasibility of using Remotely Piloted Aircraft (RPA) to remotely survey meteorological conditions through image capture and transmission. The hypothesis raised is that obtaining local meteorological information through an RPA can be done quickly, accurately, safely, and allow for greater situational awareness of the Squadron. To achieve this result, field research was carried out to obtain the necessary images to judge the atmospheric conditions, by overflights of the traffic region of the 2nd Air Instruction Squadron, and, after obtaining the study material, a comparison between the methods used. Finally, the applicability of the project in a real situation of daily employment was raised, which proved to be favorable, with some suggestions to further improve this practice and make it more and more efficient.

Keywords: RPA. UAV. Drone. Meteorology. Aerial Activity.

1 INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea possui como missão formar os futuros líderes da Força Aérea Brasileira através dos Cursos de Formação de Oficiais Aviadores, Intendentes e de Infantaria (BRASIL, 2021c).

O voo, principal atividade do Curso de Formação de Oficiais Aviadores, por se tratar de uma atividade de risco, possui diversas diretrizes, manuais e padronizações que devem ser seguidas à risca para prevenir acidentes e incidentes. Neste artigo será abordado o fator meteorológico e melhores ferramentas para obtenção de dados mais precisos e de pronta aplicação.

A meteorologia é o estudo dos fenômenos atmosféricos terrestres, como o vento, nuvens, chuva e pressão atmosférica, e procura entender os fatos para prevê-los adiante.

Desta forma é necessária uma condição meteorológica propícia para que seja possível realizar os afazeres rotineiros dos Esquadrões de Instrução Aérea. E para identificar se as condições são favoráveis são utilizadas informações quantitativas disponibilizadas pela torre de controle. Na prática, contudo, é comum encontrar condições muito diferentes daquelas disponibilizadas, por conta disso é necessário também uma verificação qualitativa, baseada na experiência do piloto.

Atualmente a verificação é realizada a partir de um voo de instrução, com um instrutor e um aluno, que, se constatado que as condições são favoráveis, prossegue no voo. Todavia, se as condições não estiverem propícias, a missão é abortada. Durante esta verificação é observado principalmente a existência de névoa ou fumaça, fenômenos estes que impactam diretamente a orientação espacial do piloto e o teto de nuvens, influenciando o quão alto pode-se ir sem haver interferência das formações.

Este levantamento é extremamente necessário para que a atividade aérea possa ocorrer da melhor maneira possível, sem elementos que interfiram no aprendizado do cadete. Contudo, caso as condições meteorológicas não estejam favoráveis e a missão seja cancelada, poderá trazer custos e desgaste desnecessário das peças que poderiam ter sido melhor utilizadas.

Surge então a proposta de utilizar uma ARP para realizar esta missão. A aeronave remotamente pilotada seria dotada de câmera para que fosse possível ver as imagens em tempo real e até mesmo após o voo, através de gravação e transmissão de filmagem e fotografias. Isto permitiria que a análise das condições pudesse ser feita por todos os presentes, tanto os operadores, quanto o pessoal de solo.

O objetivo geral deste trabalho é verificar a viabilidade de emprego de uma ARP no levantamento de informações meteorológicas necessárias para as atividades de instrução aérea no 2º EIA.

Os objetivos específicos são: definir a melhor ARP para esta pesquisa, seja ela asa fixa ou multirrotor; instalar todo o equipamento necessário para cumprir a missão de reconhecimento meteorológico; realizar voos experimentais para verificar a aplicabilidade da ARP; realizar os voos no espaço aéreo do 2º EIA e por fim julgar a aplicabilidade do projeto segundo as informações obtidas.

É importante ressaltar a contribuição que este trabalho terá para o 2º EIA e para a União caso seja aplicado, tornando a atividade aérea mais segura, agilizando o início do voo pela manhã ou a retomada quando durante o dia de voo e a eventual economia de recursos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 METEOROLOGIA AERONÁUTICA

A atividade aérea possui diversos aspectos que influenciam no seu bom funcionamento, dentre eles, é possível citar o fator humano, mecânico, infraestrutura aeroportuária e controle do espaço aéreo. Estes fatores podem, na maioria das vezes, ser controlados pelo homem, no entanto, existe outro aspecto que independe da vontade humana, a meteorologia.

Conforme Henrique e Matschinske introduzem

(...) o conhecimento das condições meteorológicas reinantes nos aeródromos de partida, destino e alternativas são imprescindíveis para a realização, ou não, do voo. Além disso, é necessário saber se essas condições sofrerão variações significativas quanto ao teto, a visibilidade, ao tempo presente, ao vento, bem como, o horário previsto para início dessas variações e o período previsto para sua duração. (HENRIQUE E MATSCHINSKE, 2005, p. 13).

Por este motivo Henrique e Matschinske (2005) apontam a necessidade de meios para observar, analisar e até prever as condições meteorológicas locais, para tornar a navegação aérea cada vez mais segura. Para isto se faz necessário realizar um levantamento de dados meteorológicos.

De acordo com Costa (2008), Henrique e Matschinske (2005), existem dois principais tipos de estações meteorológicas: as estações meteorológicas de superfície e as estações meteorológicas de altitude, além de outros auxílios como os radares e satélites meteorológicos.

2.1.1 Estação meteorológica de superfície

Estações meteorológicas de superfície (EMS) são os meios mais utilizados para a obtenção de dados atmosféricos. Podem variar muito em aspectos como tamanho, custo, capacidades, partindo de placas Arduino com sensores básicos, como o apresentado por Torres (2015), até as instalações utilizadas pelo DECEA dotadas de imensos radares, e os mais diversos sensores e equipamentos, conforme ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Estação meteorológica de superfície em Santarém.



Fonte: DECEA (2021b).

Possuem como principais vantagens: informação disponível a qualquer momento, devido à sua operação contínua; maior capacidade para equipamentos. Sua principal desvantagem é não conseguir obter dados de altitudes mais elevadas.

2.1.2 Estações meteorológicas de altitude

As estações meteorológicas de altitude (EMA), são utilizadas para suprir a necessidade de dados de altitudes mais elevadas (Figura 2). As EMAs normalmente operam através de radiossondas. Segundo Oliveira *et al.* (2018)

Nas EMAs radiossondas são lançadas duas vezes ao dia. As radiossondas são equipamentos utilizados para medir a temperatura, pressão, umidade, direção e velocidade do vento em diversos níveis de altitude. Radiossondas são ferramentas extremamente importantes para apoiar os meteorologistas na previsão de tempo. As radiossondas são levadas a partir de um balão preenchido com gás hidrogênio ou hélio e chegam a atingir 25 km de altitude. Durante o voo, a radiossonda envia os dados, via rádio, para a estação em terra. (OLIVEIRA, AMORIM, DERECZYNSKI; 2018 , p. 1).

Algumas vantagens das EMAs são a capacidade de obter dados nas mais diversas altitudes; maior flexibilidade em relação às estações de superfícies.

Figura 2 - Estação meteorológica de altitude em Foz do Iguaçu.



Fonte: DECEA (2021b).

Em contrapartida, as desvantagens são: necessidade de lançamento de sondas diariamente, mais precisamente duas vezes ao dia às 0000 e 1200 UTC; as sondas lançadas dificilmente são recuperadas, acarretando gastos constantes; por serem lançadas via balão, as radiossondas possuem limitações quanto a tamanho e peso.

2.1.3 Radares e Satélites meteorológicos

Outro modo de obter informações relevantes acerca da meteorologia são os satélites meteorológicos. De acordo com Rampazo *et al.* (2019), os satélites, quando utilizados em conjunto com outras técnicas de sensoriamento remoto, podem ser muito úteis na verificação e previsão meteorológica, mesmo com certas limitações. Os satélites meteorológicos realizam esta tarefa através de sensores de diferentes espectros, como o óptico e infravermelho, entre outros, e variam muito na sua capacidade e precisão. De acordo com Florenzano (2008), a resolução da imagem obtida pode variar desde vários quilômetros por píxel, em satélites mais simples, até alguns poucos metros, em satélites com sensores mais poderosos.

2.2 METEOROLOGIA AERONÁUTICA NO 2º EIA

Fica evidente, então, que o serviço de meteorologia aeronáutica é extremamente complexo, envolvendo os mais diversos equipamentos e meios, para apresentar o melhor e mais preciso produto final possível. Todavia, a utilização desses dados pode variar segundo as necessidades do cliente.

Por parte das grandes companhias aéreas e operações de logística militares as informações fornecidas são, em sua maioria, suficientes para a operação, visto a natureza de sua atividade. Para a instrução aérea na AFA, no entanto, estas informações podem não ser suficientes, devido às particularidades deste tipo de voo.

Conforme o Manual de Procedimentos 2021 (MAPRO) do 2º EIA, o voo nas áreas de instrução deve seguir, obrigatoriamente, as regras de voo visual, ou seja, existe a necessidade de voar em condições visuais durante toda a missão (BRASIL, 2021a).

Segundo a ICA 100-12 do Departamento de Controle do Espaço Aéreo, para o voo visual é necessário no mínimo 5 km de visibilidade (BRASIL, 2018). Entretanto, por conta do caráter da instrução e da pouca experiência dos alunos, mesmo nos parâmetros estipulados, é possível que a instrução seja inviável por conta de outros fatores.

Como apresentado anteriormente, a verificação meteorológica é feita com aeronaves do esquadrão, mas, a ideia deste trabalho é o uso de ARP para executar esta tarefa específica no 2º EIA.

2.3 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

As aeronaves remotamente pilotadas vêm ganhando cada vez mais espaço, tanto no mercado militar, quanto no civil. Podemos citar inúmeros projetos que, por meio do uso de ARP, reduziram seus custos, agilizaram seus processos e abriram um leque de possibilidades, entre eles Gomes Junior e Duarte (2018) na identificação de defeitos em vias pavimentadas, Da Silva (2019) em projetos de monitoramento e conservação ambiental, Rodrigues e Gallardo (2018) obtendo dados topográficos de lixões na região metropolitana de Fortaleza, e até mesmo em situações corriqueiras como a obtenção de fotos do tipo *selfie* com a utilização das aeronaves conforme apresenta De Lima (2017).

As ARP, apesar de terem ganhado muita atenção ultimamente, não são uma tecnologia nova, na verdade, de acordo com Díaz Duhalde (2014), as primeiras ARP que se tem ciência datam do Séc. XIX, na forma de balões de observação militares, porém, nos últimos anos a tecnologia de aviação remota têm avançado a passos largos de tal modo que hoje é possível qualquer pessoa comprar uma ARP de pequeno porte em uma loja de eletrônicos.

Dentre as diversas ARP disponíveis no mercado, dois tipos principais vêm dominando os ares, as de asa fixa e as multirotores.

2.3.1 ARP de asa fixa

As ARP de asa fixa têm seu funcionamento muito parecido com os aviões, ou seja, possuem asas para gerar sua sustentação, e um, ou mais, motores para adquirir a velocidade necessária para o voo. As ARP de asa fixa têm como vantagens a alta velocidade de cruzeiro e grande autonomia, porém, é necessária uma maior infraestrutura, como uma pista para decolagem e aterrissagem ou algum mecanismo de lançamento e pouso, como a ARP na Figura 3, lançada através de uma catapulta por elástico e realiza o pouso com o uso de paraquedas.

Figura 3 - ARP da empresa brasileira HORUS e seu mecanismo de lançamento e recuperação.



Fonte: Horus Aeronaves (2021).

2.3.2 ARP Multirotor

A outra categoria de ARP mais comum é a de asas rotativas (Figura 4). Estas aeronaves, diferentemente das citadas anteriormente, não possuem asa propriamente dita, a sustentação destes veículos é obtida através de diversos rotores que através de uma placa controladora e *softwares* especializados conseguem realizar os mais diversos comandos e movimentos, por meio da diferença de torque obtido em cada um de seus motores. Possuem como principal vantagem a decolagem e pouso vertical, não necessitando de nenhuma infraestrutura ou

dispositivo especial, além disso, possui uma maior manobrabilidade e a capacidade de pairar. As desvantagens são o reduzido tempo de voo e uma menor velocidade de cruzeiro quando comparada às de asa fixa (GIOVANINI, 2021; GTA, 2021).

Figura 4 - ARP DJI Mini 2, uma ARP compacta da empresa chinesa DJI.



Fonte: DJI (2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme apresentado no início deste trabalho, a ideia principal desta pesquisa é verificar a viabilidade de substituir o meio atual de verificação de condições meteorológicas utilizado no 2º EIA pelo uso de ARP.

A coleta de dados foi feita em diversas ocasiões, tanto próximo ao horário de início da atividade aérea, às 07:00, assim como é feito atualmente, quanto em outros horários, simulando uma ocasião onde as condições de meteorologia se encontravam dentro do mínimos, mas degradaram ao longo do dia, sendo necessária uma nova avaliação.

O local utilizado como referência foi a área do tráfego da pista do setor “E” da AFA, a pista utilizada pelo 2º EIA, conforme Figura 5, com imagens desde o solo até 1000 ft acima do terreno, altura essa que é utilizada como referência para o tráfego do T-25. Foram adotadas diferentes posições, a fim de possibilitar uma comparação e escolha do melhor método, seja realizando o voo próximo às cabeceiras, no centro da pista ou até mesmo além da pista. O local de decolagem e pouso foi escolhido por apresentar uma grande área livre de obstáculos, como construções e árvores, além da proximidade ao Corpo de Cadetes, facilitando a tomada das amostras.

Figura 5 - Área do tráfego do 2º EIA a ser considerada.



Fonte: Google Maps (2021).

Vale ressaltar que foi considerada como região do tráfego o entorno da pista e a continuação das cabeceiras, a fim de observar o quanto fosse possível, conforme ilustrado pela Figura 6.

A escolha de utilizar uma ARP neste trabalho foi tomada com vista a diminuição dos custos de operação, agilidade no procedimento, maior segurança, caso as condições estivessem muito degradadas, além de uma maior familiarização do pessoal do esquadrão com esta tecnologia. A princípio foram utilizadas três ARP diferentes, uma de asa fixa e voo manual, e duas multirotores, sendo uma com tecnologia GPS e outra sem.

A ARP de asa fixa era do tipo asa voadora (Figura 7), ou seja, uma aeronave sem empenagem, seu voo será conduzido manualmente através de rádio controle e será utilizado um sistema de “FPV” (*First Person View*), em que é possível visualizar o vídeo em tempo real a partir de uma câmera instalada na aeronave, a fim de permitir um melhor acompanhamento do voo. Além disso, foi acoplada uma câmera de ação do tipo “GoPro” a fim de realizar o registro das imagens em alta qualidade.

Figura 6 - Área de onde será feita a decolagem e pouso em verde, e áreas de coleta de imagens em azul.



Fonte: Google Maps (2021).

Figura 7 - ARP asa fixa utilizada neste trabalho.



Fonte: o autor.

As ARP multirotores utilizadas foram do tipo quadricóptero, ou seja, possuem quatro rotores, tendo sido uma delas pilotada manualmente sem assistência de GPS (Figura 8), sendo necessário que o piloto mantivesse a atitude e altitude da aeronave por conta própria, mas, que possibilitou uma maior flexibilidade por não ter restrições quanto a razão de subida, descida e de velocidade horizontal. Esta aeronave também foi voada através de um sistema de “FPV” e, assim como a asa voadora, utilizou uma câmera auxiliar para o registro das imagens. Para

uma maior fidelidade, as capturas de imagens nessa ARP foram feitas a cerca de 1000ft (~300 m) de altura, a mesma utilizada pelo Esquadrão de Instrução Aérea.

Figura 8 - ARP multirotor utilizada neste trabalho.



Fonte: o autor.

Por fim foi utilizada uma ARP da marca DJI (Figura 9), com característica de voo por GPS, que exigiu pouca experiência para conduzi-la, além de possuir capacidade de realizar gravação e transmissão de vídeo de alta qualidade por meio da câmera embutida na aeronave, podendo ser acompanhada através do próprio celular conectado ao rádio controle. O voo desta ARP pode ser acompanhado pelo aplicativo da própria empresa que limita a altura de voo à 150 m (~500ft). Desta forma, todas as coletas de imagens nesta aeronave foram feitas a essa altura.

Após obtidas as imagens, será feita uma comparação entre as condições observadas pela aeronave e aquelas apontadas pelo METAR (*Meorological Aerodrome Report*) da hora, para comprovar, ou não, a aplicabilidade da ARP.

Figura 9 - ARP multirotor da DJI utilizada neste trabalho.



Fonte: o autor.

Assim, para a coleta dos dados, foram utilizados os seguintes materiais:

- ARP do tipo asa voadora - Asa FPV da marca Sonicmodell de 90 cm de envergadura;
- Câmera analógica de 1000 tvl e transmissor de vídeo de 5.8 Ghz, ambos da marca Eachine;
- Óculos FPV de 5.8 Ghz da marca Eachine;
- Duas antenas omnidirecionais, uma do tipo “pagoda” e a outra do tipo “clover”, e uma antena direcional do tipo “patch”, todas também da marca Eachine;
- Duas baterias de 2200 mah de 11.1v, uma para o vídeo e outra para o sistema de controle e propulsão;
- Rádio e transmissor de 2.4 Ghz da marca Futaba;
- Câmera GOPRO Hero 5, na resolução 4K;
- ARP Multirotor sem GPS - conjunto Eachine Wizard X220S, com rádio e receptor 2.4 Ghz da marca Flysky;
- Bateria de 1500 mAh de 14.8v;
- ARP multirotor com GPS - DJI Mavic Pro, com câmera de resolução 4K.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentadas amostras das imagens coletadas e a análise sobre cada uma delas, obtidas durante o voo de cada uma das ARP.

4.1 ASA FIXA

A primeira coleta a ser apresentada e analisada será a feita pela ARP de asa fixa, conforme ilustram as Figuras 10 e 11.

O voo apresentado nas figuras 10 e 11 foi realizado no dia 15 de agosto de 2021, às 6h 30 min, a cerca de 1000ft de altura. Não é possível saber a altura exata da aeronave por conta da ausência de uma controladora de voo. Durante a captura, o METAR indicava “METAR SBYS 170900Z 19002KT 7000 NSC 11/11 Q1019=”, o que significa que a visibilidade estaria levemente prejudicada e sem nuvens significativas.

Analisando a imagem pode-se observar a presença de uma névoa próxima à superfície, principalmente na região de mata e, além disso, é perceptível que o horizonte estava levemente prejudicado por conta da redução da visibilidade. Pode-se observar também que haviam diversas nuvens, mas estas eram pouco espessas e em altitudes mais elevadas, o que provavelmente não interferiria na instrução aérea, quando na área do tráfego.

Figura 10 - Foto do setor “E” obtida pela ARP de asa fixa.



Fonte: o autor.

Figura 11 - Foto da cabeceira 20 obtida pela ARP de asa fixa.



Fonte: o autor.

Por conta da leve nebulosidade na linha do horizonte, a câmera foi capaz de captar as imagens com boa clareza, sem interferência da luz solar.

Por não possuir um sistema integrado de controle e FPV, foi necessário embarcar uma bateria a parte para o sistema de câmera, aumentando o peso da carga útil e dificultando a decolagem e aterrissagem. Outro fator que é possível observar é a distorção do horizonte quando a aeronave está em curva, devido ao efeito “olho de peixe” da câmera de ação. Além disso, é perceptível que nas bordas superiores esquerda e direita há uma obstrução do campo de visão

da câmera, devido à utilização de uma câmera diferente da sugerida no projeto da aeronave, mas que não prejudicou o campo de visão.

4.2 ARP MULTIROTOR MANUAL

Neste tópico são apresentadas e analisadas as imagens obtidas pela ARP multirotor sem GPS, ilustradas pelas Figuras 12 e 13.

Voo realizado no dia 23 de maio de 2021, às 9h. O METAR referente ao horário em que foi feito o voo indicava “METAR SBYS 091200Z 17005KT 130V220 9999 FEW030 18/15 Q1025=”, o que significa visibilidade acima de 10 km, com algumas nuvens a 3000ft de altura.

Pode-se observar pelas imagens a influência do sol em sua captura, prejudicando bastante a análise, não sendo possível verificar, com exatidão, a presença de nuvens e nebulosidade diretamente a leste, por conta do ofuscamento. Analisando o horizonte nestas imagens pode-se observar também um leve esfumaçado, acarretando uma redução da visibilidade, diferentemente daquela apontada no METAR. Entretanto, essas condições não são suficientes para interferir na instrução aérea, visto que a linha do horizonte é facilmente percebida.

Figura 12 - Foto do setor “E” obtida pela ARP multirotor manual.



Fonte: o autor.

Figura 13 - Foto da cabeceira 20 a partir da cabeceira 02.



Fonte: o autor.

Também é possível notar que no momento da captura haviam poucas nuvens e essas não estavam baixas o suficiente para interferir no tráfego.

4.3 ARP MULTIROTOR COM GPS

Por fim, serão apresentadas as imagens feitas com o Mavic da DJI. Conforme apresentado anteriormente, os voos no Mavic foram feitos na altura máxima permitida pela empresa, 150 metros, sem a necessidade de autorização especial conforme a captura de tela apresentada na figura 14.

As imagens apresentadas nas figuras 15 e 16 foram obtidas no dia 22 de agosto de 2021, às 6h 20 min, no mesmo dia em que foram feitas as imagens da ARP de asa fixa.

De imediato é possível perceber a diferença entre essas imagens e as anteriores. A altura em que foi feita a coleta pelo Mavic é muito inferior quando comparada aos dois outros métodos, cerca de metade.

Foi utilizado o mesmo METAR apresentado no primeiro tópico, de 7 km de visibilidade e sem formações significativas de nuvens.

Figura 14 - Captura de tela do aplicativo da DJI

Fonte: o autor

Por ser um horário muito próximo pode-se verificar que houve mudanças muito pequenas. Primeiramente, a neblina estava mais densa nesta captura, visto que o sol nasceu imediatamente após o voo, fazendo com que houvesse uma dissipação considerável nos minutos seguintes. Também fica evidente a presença de uma quantidade significativa de nuvens, porém, como é possível observar na figura 16, elas eram pouco verticalizadas e pouco volumosas.

Figura 15 - Foto do setor “E” feita pelo Mavic.

Fonte: o autor.

Figura 16 - Foto da cabeceira 20 feita pelo Mavic.



Fonte: o autor.

4.4 COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Para iniciar a comparação foi considerado como critério a qualidade das imagens. As duas primeiras ARP, a de asa fixa e a multirotor sem GPS, utilizaram a mesma câmera (GoPro Hero 5) que, em geral, apresentou uma excelente qualidade, exceto quando usada em grandes inclinações. Pode-se ainda observar a diferença nas imagens, devido principalmente à presença impactante do sol na segunda captura, inviabilizando a verificação meteorológica no setor onde estava localizado o astro. Neste caso, sugere-se que a coleta de imagens seja feita momentos antes do nascer do sol ou quando este já estiver mais elevado nos céus, a fim de se ter mais nitidez nas imagens.

O Mavic utiliza uma câmera integrada, o que é positivo por ocupar menos espaço e ter integração com o aplicativo. Porém, não permite a permuta do sensor facilmente como nos outros. As imagens feitas pela ARP da DJI também são de alta qualidade, apresentando apenas alguns “ruídos”, principalmente em cenários onde existe um grande contraste de luzes. Todavia, estes “ruídos” podem ser reduzidos se forem utilizadas as configurações específicas para cada cenário.

Outro critério considerado é a facilidade de operação das ARP para coleta das imagens. Neste quesito, as duas ARP multirotor têm grande vantagem sobre a de asa fixa. Por possuírem a capacidade de decolar e pousar na vertical, os vetores multirotor necessitam de pouco espaço para operarem, sendo possível decolar com certa segurança e facilidade.

A aeronave de asa fixa, por outro lado, necessitou de uma grande área para decolar e pousar, devido a sua necessidade de deslocamento horizontal para manter-se voando. Essa situação foi agravada pelo excesso de peso de carga útil embarcada.

Por fim, a análise considerou o nível de experiência necessário para operar cada um dos métodos. A ARP de asa fixa possui certa dificuldade de manuseio, principalmente nas fases críticas do voo, a decolagem e pouso, que, se feitas de maneira incorreta, podem acarretar grandes danos ao equipamento e a terceiros.

A ARP multirotor sem GPS possui apenas estabilização de atitude, sendo necessário manter a altitude com uso do motor e por não possuir GPS pode ser difícil manter a posição em dias com vento. Além disso, ela não possui sensores de aproximação, sendo necessário fazer o pouso manual, o que pode levar a danos se feito de forma abrupta.

Por fim, considerando que o DJI Mavic Pro possui GPS, integração com aplicativo no celular, imagem em tempo real, decolagem e pouso assistido e estabilização em todos os eixos, provou ser o mais fácil de ser manuseado, sendo possível aprender a voar a aeronave com todas as funcionalidades em poucos minutos.

Desta forma, ficou evidenciado que todos os métodos apresentaram diversos pontos positivos e negativos, contudo, todos eles confirmaram a utilidade das ARP na função proposta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando o objetivo inicial de analisar a possibilidade de utilizar uma aeronave remotamente pilotada na função de realizar o levantamento de condições meteorológicas para o início das atividades do 2º EIA, e observando os resultados obtidos, o estudo comprovou que as ARP podem cumprir esta missão muito satisfatoriamente.

Além de atingir o seu objetivo, as ARP apresentaram, em geral, todos os benefícios propostos anteriormente: maior segurança, menor desgaste de peças e material, fácil operação e grande flexibilidade.

Através da análise dos dados percebe-se que, não somente as imagens coletadas foram úteis na função proposta, como a qualidade das informações foi muito elevada, demonstrando a total capacidade dos meios empregados.

Para efeito de comparação as ARP multirotores obtiveram imagens mais claras e precisas da área do tráfego, quando comparadas à de asa fixa, por conta de seu voo mais estabilizado. Contudo, a asa fixa tem um grande potencial no que tange a seu alcance, podendo ser considerado para projetos futuros a utilização de uma ARP de maior autonomia para realizar este levantamento também nas áreas de instrução.

Sugere-se para eventuais trabalhos futuros, como citado anteriormente, a utilização de uma ARP de asa fixa de maior alcance, a qual poderia ser utilizada para uma verificação mais completa, tanto na área do tráfego, quanto nas áreas de instrução, ocasionando em uma operação mais eficiente e segura para os integrantes do esquadrão. Outra sugestão seria solicitar ao fabricante do DJI Mavic Pro o desbloqueio do equipamento a fim de que se possa voar acima do limite atual, possibilitando uma maior cobertura pela ARP da empresa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, SP: AFA, 2021a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria Decea no 204/Dgcea, de 8 de Novembro de 2018 Aprova a 2ª modificação da ICA 100-12, **Instrução sobre as “Regras do Ar”**. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do espaço aéreo. **Imagens retiradas de revista institucional digital**. Disponível em: <<https://www.decea.mil.br/?i=atividades&p=meteorologia-aeronautica&tab=saiba-mais>>. Acesso em: 09 maio 2021b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria GABAER no 117/GC3, de 8 de julho de 2021. ROCA 21-88: **Regulamento Da Academia Da Força Aérea**. Boletim do Comando da Aeronáutica, Brasília, no 127, 12 jul. 2021c.

COSTA, Márcia Maria Gomes. **A meteorologia aeronáutica no Aeroporto de Guarulhos**. Anais do VII Simpósio de Transporte Aéreo, p. 539-550, 2008.

DA SILVA, Péricles Rocha et al. **Gestão ambiental na era moderna: a socialização de novas tecnologias com uso de drones para monitoramento ambiental no Vale do Itajaí–Santa Catarina**. Revista da Extensão, n. 19, p. 6, 2019.

DE LIMA, Carlos William Ferreira. **Os Drones e a resignificação do selfie: uma nova forma de se autorretratar**. TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 15, 2017.

DÍAZ DUHALDE, S. **El globo aerostático y la máquina de mirar. Cultura visual y guerra en el siglo XIX paraguayo**. Revista Decimonónica, v. 11 (2), pp. 34-51, 2014.

DJI. **Imagem do drone DJI Mini 2 retirada do site comercial da empresa**. Disponível em <<https://store.dji.com/product/mini-2?vid=99411>>. Acesso em: 12 maio 2021

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Os satélites e suas aplicações**. 2008.

GIOVANINI, A. **Drone multirrotor: características e aplicações**. Disponível em: <<https://adenilsongiovanini.com.br/blog/drone-multirrotor-caracteristicas-e-aplicacoes/>>. Acesso em: <12/05/2021>.

GOMES JUNIOR, Ernesto Valdecir; DUARTE, Renato Damião. **Análise de levantamento de defeitos em superfície de pavimentos asfálticos a partir do uso de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GOOGLE MAPS. **Imagens de satélite retiradas do aplicativo MAPS**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/>>. Acesso em: <05 agosto 2021>.

GTA, Grupo Transitar & Associados. **Asa fixa ou multirotor: principais diferenças**. 2019. Disponível em: <<https://www.gtlevantamentos.com.br/asa-fixa-ou-multirotor-principais-diferencas/>>. Acessado em: <12/05/2021>.

HENRIQUE, R.; MATSCHINSKE, Martim Roberto. **Meteorologia aeronáutica do sistema de controle do espaço aéreo brasileiro**. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 29, p. 13-18, 2005.

HORUS AERONAVES. **Imagens do Drone Verok retirados de vídeo promocional**. Disponível em: <<https://horsaeronaves.com/verok/>>. Acesso em: <12/05/2021>.

RAMPAZO, Nuria Aparecida Miatto; PICOLI, Michelle Cristina Araujo; CAVALIERO, Carla Kazue Nakao. **Comparação entre dados meteorológicos provenientes de sensoriamento remoto (modelados e de satélites) e de estações de superfície**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, n. 2, p. 412-426, 2019.

RODRIGUES, Danilo Aparecido; GALLARDO, ALCF. **Vantagens da aerofotogrametria por drone na obtenção de dados topográficos em estudos de lixões e aterros sanitários**. VII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais. São Paulo, 2018.

TORRES, João Delfino et al. **Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados**. Scientia Plena, v. 11, n. 2, 2015.