

EMPREGO DE SENSORES NAS FAIXAS DO TERMAL E VISÍVEL EM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS DE PEQUENO PORTE

Marielcio Gonçalves Lacerda¹, Luiz Cláudio de Faria¹, Élcio Hideiti Shiguemori¹, Álvaro José Damião¹, Camila Souza dos Anjos²

¹Instituto de Estudos Avançados - Força Aérea Brasileira. Caixa Postal 6044. CEP 12.231-970.

São José dos Campos - SP, Brasil. {marielcio, claudio, elcio, damiao}@ieav.cta.br

²Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes.

Praça Tiradentes, 416. CEP 37576-000 – Inconfidentes - MG, Brasil. camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta a metodologia utilizada para a integração de um novo sensor em uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) de pequeno porte, que dispõe de uma câmera RGB integrada pelo fabricante. O novo sensor integra neste estudo foi uma câmera termal de baixo custo e resolução espacial baixa. O objetivo deste trabalho é o emprego simultâneo dos sensores de modo a proporcionar a obtenção de imagens em diferentes comprimentos de onda. O artigo apresenta também imagens coletadas concomitantemente pelos diferentes sensores, destaca algumas possíveis aplicações e ressalta a necessidade da fusão de dados (*Data Fusion*) para a obtenção de resultados mais completos na caracterização espectral de alvos.

Palavras-chave — ARP, Integração de Sensores, Fusão de Dados, Aeronave Remotamente Pilotada.

ABSTRACT

The present work presents the methodology used for the integration of a new sensor in a small Remotely Piloted Aircraft (RPA), which has a RGB camera integrated by the manufacturer. The new sensor integrates in this study was a thermal camera of low cost and low spatial resolution. The objective of this work is the simultaneous use of the sensors in order to obtain images at different wavelengths. The article also presents images collected concomitantly by different sensors, highlights some possible applications and highlights the need for data fusion to obtain more complete results in the spectral characterization of targets.

Key words — RPA, Sensor Integration, Data Fusion, Remotely Piloted Aircraft.

1. INTRODUÇÃO

Um dos conceitos mais utilizados atualmente em Sensoriamento Remoto é a fusão de dados (*Data Fusion*), que consiste na junção de imagens geradas por diferentes sensores imageadores, em diferentes comprimentos de onda e com diferentes resoluções, obtidas sobre o mesmo local ou alvo. Isto faz com que as informações obtidas por intermédio da interpretação das imagens seja a mais completa. A fusão de

informações de várias fontes é considerada hoje um cenário típico na exploração de dados de sensoriamento remoto [1].

No presente trabalho realizou-se uma adaptação de uma câmera termal, em uma ARP de pequeno porte, que já possui uma câmera RGB de alta resolução integrada em seu sistema.

De acordo com [2], a maioria das imagens é gerada pela combinação de uma fonte de iluminação e a reflexão ou absorção de energia dessa fonte nos elementos da cena cuja imagem está sendo gerada.

Pode-se justificar a eficiência dos sensores imageadores multiespectrais pelos seguintes motivos: (i) os dados são em formato digital; (ii) podem ser operados de plataformas aéreas ou orbitais, permitindo a tomada de imagens de forma repetitiva ao longo de vários anos; e (iii) as imagens podem ser obtidas num amplo intervalo de comprimento de onda, com dezenas a centenas de bandas espectrais. Combinadas, essas características projetaram esse modelo de sensoriamento remoto como uma das melhores e mais bem-sucedidas inovações para a tomada de dados da superfície terrestre [3].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. A Aeronave Remotamente Pilotada

Para a realização deste trabalho foi utilizada a ARP da DJI, Phantom 4 Standard (Figura 1), devidamente registrado nos órgãos de controle nacionais (ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil; DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo; e ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações); e voando com a ciência e autorização do órgão responsável pelo controle de acesso ao espaço aéreo (DECEA), conforme legislação nacional em vigor.



Figura 1. ARP – DJI Phantom 4 e o Rádio Controle

2.2. O Sensor RGB

A ARP utilizada possui um sensor na faixa do visível, denominado como RGB (Figura 2).



Figura 2. Câmera RGB fixa no Phantom 4

A câmera RGB possui resolução de 12 MPixel. A objetiva da câmera tem distância focal de 20 mm, com f/2.8 e campo de visada de 94°. A velocidade do obturador varia de: 8s - 1/8000s. O tamanho máximo de imagem é de 4000×3000 pixels. Também permite filmagens em até 4K a 24 FPS, possuindo também outras resoluções de filmagem [4, 5].



Figura 3. Exemplos de imagens obtidas com a câmera RGB

A Figura 3 apresenta duas imagens obtidas pela câmera RGB do Phantom 4 de alta resolução.

2.3. O sensor termal

Com o objetivo de adquirir imagens de diferentes faixas do espectro eletromagnético na pesquisa, adaptou-se à ARP uma câmera termal, da marca FLIR, modelo DUO R (Figura 4), que possui um sensor na faixa do termal e outro na faixa do visível.



Figura 4. Sensor Termal: FLIR DUO R

De acordo com o fabricante [6, 7], o sensor possui dimensões totais de 59 x 41 x 30 mm e peso de aproximadamente 65 gramas. Possui: Resolução Visível de 1920×1080; Resolução do Termal de 160×120; na Banda Espectral de 7,5 - 13,5 μm .

O sensor permite gravações de vídeo ou imagens estáticas, sendo obtidas em intervalos de tempo pré-

determinadas pelo usuário. O sensor pode ser configurado para gravar imagens visíveis, infravermelhas ou ambos simultaneamente [6, 7].

São apresentadas na Figura 5 duas imagens obtidas com o sensor, no mesmo instante, portanto do mesmo alvo, sendo uma a imagem termal (a) e a outra visível (b).



Figura 5. Imagens Obtidas com a FLIR DUO. Em (a) a imagem termal. Em (b) a imagem visível.

2.4. Data Fusion (Fusão de Dados)

A técnica de *Data Fusion* tem como objetivo unir os dados fornecidos por sensores em diferentes comprimentos de onda e com diferentes resoluções para gerar uma informação mais completa e detalhada.

De acordo com [1], as observações derivadas por diferentes fontes de aquisição podem ser acopladas e analisadas em conjunto por práticas de fusão de dados para obter uma descrição mais detalhada da cena. Dessa forma, nesse trabalho, as informações da faixa do visível (RGB) e do infravermelho termal, quando analisadas em conjunto, tem a capacidade de gerar uma informação mais precisa do alvo em análise.

2.5. Integração dos sensores

Para a realização deste trabalho, desenvolveu-se um casulo para receber o sensor FLIR, haja vista que o sensor RGB já está integrado e fixado na ARP utilizada. O casulo projetado (Figuras 6 e 7) foi confeccionado em uma impressora 3D.



Figura 6. Casulo confeccionado para adaptação dos sensores



Figura 7. Casulo confeccionado e o sensor utilizado: FLIR DUO R

O casulo, juntamente com o sensor utilizado, foi adaptado na parte traseira da aeronave, de modo a não interferir na câmera RGB e nem nos sensores de segurança da ARP (Figura 8). A partir da adaptação inicial foram realizados diversos testes de voo.



Figura 8. Sensores adaptados ao Phantom 4.

Inicialmente, teve-se um problema relacionado à mudança do centro de gravidade da ARP, o que influenciou negativamente nas condições de decolagem da aeronave. Outro problema encontrado relacionou-se com o consumo de energia, visto que inicialmente a câmera foi alimentada com a bateria do próprio Phantom. Estes dois problemas foram solucionados com a inserção de uma bateria do tipo “Power Bank” na parte frontal da ARP (Figura 9). Desse modo, a bateria serviu para alimentar o sensor utilizado, além de possibilitar a distribuição de peso na aeronave.



Figura 9. Colocação de contrapeso na parte frontal Da ARP.

Outro problema encontrado nos primeiros testes, relacionou-se com a vibração da ARP, que era transmitida para a câmera, gerando, por consequência, imagens tremidas, ou seja, sem nitidez. Esse problema foi resolvido colocando uma placa amortecedora de vibração entre o suporte da ARP e o casulo do sensor (Figura 6 e 7).

3. RESULTADOS

A adaptação de sensores permite cobrir grande parte do espectro eletromagnético (no caso deste estudo a faixa do visível e do infravermelho termal), o que possibilitou um

ganho considerável no processo de interpretação de imagens, pois proporcionou a obtenção de maiores informações sobre os alvos de interesse. Além disso, a utilização de uma ARP de pequeno porte, viabiliza a geração da informação em pouco tempo e com baixo custo em comparação com ARPs maiores ou aeronaves tripuladas, bem como baixo custo de operação e manutenção, além de proporcionar voos em qualquer ambiente e de forma prática, tendo em vista suas dimensões e peso reduzidos, além da capacidade de decolar e pousar em qualquer local sem necessidade de uma grande infraestrutura.

A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicação das imagens termais em conjunto com a RGB. Em todos os exemplos a imagem da esquerda é a RGB e a da direita, a termal, ambas obtidas no mesmo instante.



Figura 10. Imagens RGB e Termal – Exemplo 1

No exemplo da Figura 10, é possível notar que existe um carro preto. Na imagem termal é possível verificar-se que ele possui grande emissividade (branco), o que indica que ele possui elevada temperatura termodinâmica, sendo possível inferir que ele está exposto ao sol há algum tempo.



Figura 11. Imagens RGB e Termal – Exemplo 2

Na Figura 11, é possível verificar a presença de um veículo, assim como no exemplo anterior, mas destaca-se a pintura no solo claramente visível na imagem RGB, mas por não aparecer na imagem termal, indica que a pintura não interfere na emissividade.



Figura 12. Imagens RGB e Termal – Exemplo 3

Na Figura 12, é possível verificar que na imagem RGB, grande parte do prédio está sob a sombra das árvores, fazendo com que algum detalhe naquele ponto não possa ser observado, porém na imagem termal é possível visualizar o prédio em toda a sua extensão, sendo possível verificar que o telhado é feito do mesmo material em toda a sua extensão.



Figura 13. Imagens RGB e Termal – Exemplo 4

No exemplo da Figura 13, percebe-se que a emissividade em toda a área imageada é praticamente a mesma, de modo que na imagem termal não é possível obter-se nenhuma informação relevante, porém na imagem RGB, o contraste entre as cores e as formas é bem evidenciado.



Figura 14. Imagens RGB e Termal – Exemplo 5

Na Figura 14, é possível verificar em ambas as imagens os exaustores na parte central superior do telhado, porém na imagem termal é possível verificar que todos os exaustores estão em atividade, pois o ponto central de todos eles possui uma resposta maior (branca), indicando uma maior temperatura, o que está relacionado com seu funcionamento.



Figura 15. Imagens RGB e Termal – Exemplo 6

Na Figura 15, é possível verificar, pela análise da imagem termal, que os telhados são de materiais diferentes, apesar de serem visualmente semelhantes na região do visível (RGB), pois possuem emissividades diferentes.



Figura 16. Imagens RGB e Termal – Exemplo 8

Na Figura 16, verifica-se a presença de 6 (seis) veículos. É possível verificar que os veículos de cor escura (preta) possuem maior emissividade no termal que os demais. É possível verificar também que o veículo mais próximo ao prédio possui uma resposta espectral no termal na parte do motor bem elevada, indicando que este carro estava estacionado a pouco tempo.

4. CONCLUSÕES

Por intermédio das análises realizadas, pode-se verificar que a interpretação de imagens aéreas com abrangência de grande parte do espectro eletromagnético (nesse trabalho, desde o visível e o infravermelho termal) possui grande potencial de aplicação. A análise por meio da fusão de dados possibilita a interpretação mais completa, gerando informações mais precisas, haja vista que diferentes tipos de alvo são caracterizados em diferentes regiões espectrais.

Outro fator que pode ser evidenciado nesse estudo refere-se à adaptação de sensores de baixo custo em uma ARP de pequeno porte. Tal veículo aéreo possui baixo custo de aquisição, operação e manutenção, possibilitando treinamento de equipagem (piloto e mantenedor) em curto espaço de tempo, além de proporcionar voos em qualquer ambiente, de forma ágil e prática.

Sugere-se para trabalhos futuros a adaptação de outras câmeras, além de buscar novas soluções para a influência do arrasto da adaptação na execução do voo, bem como no consumo elevado de bateria devido ao aumento do peso conduzido.

Outra adversidade que está sendo analisada refere-se à possibilidade de interferência dos sinais de Bluetooth, da câmera termal, com os sinais de comando recebidos pelo Phantom.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Mura, D. M.; et al. Challenges and Opportunities of Multimodality and Data Fusion in Remote Sensing. In Proceedings of the IEEE, vol. 103, no. 9, pp. 1585-1601, Sept. 2015. doi: 10.1109/JPROC.2015.2462751. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp.jsp?tp=&arnumber=7194740&isnumber=7214335>>. Acesso em: 09/07/2018.
- [2] Gonzales, R. C. e Woods, R. E. Processamento Digital de Imagens. 3ª Edição. Pearson Prentice Hall, 2010. 624 p. 3 ed.
- [3] Meneses, P. R.; Almeida, T. Introdução ao Processamento de Imagens em Sensoriamento Remoto. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 09/07/2018.
- [4] DJI Phantom 4 – Características e Funcionalidades. Disponível em: <<http://aeromodelobrasil.com/drones/dji-phantom-4/>>. Acesso em 09/07/2018.
- [5] Manual do DJI Phantom 4. Disponível em: <https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4/20170706/Phantom_4_User_Manual_v1.6.pdf>. Acesso em 09/07/2018.
- [6] Manual do Sensor FLIR, disponível em: <<https://www.flir.com/globalassets/imported-assets/document/flir-duo-user-guide.pdf>>. Acesso em 09/07/2018.
- [7] Guia Rápido da FLIR, disponível em: <<https://www.flir.com/products/duo-r/>>. Acesso em 09/07/2018.