

# SENSORES ÓTICOS DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL: APLICAÇÃO EM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Cristian Dean Abreu Rêgo<sup>1</sup>  
Igor Yepes<sup>2</sup>

## Resumo

O monitoramento ambiental é algo que vem despertando cada vez mais interesse, especialmente em regiões áridas (cerrado), onde ocorrem sazonalmente períodos de estiagem e há constante incidência de queimadas, gerando problemas à saúde e segurança da população. Este trabalho realiza a análise de sensor ambiental ópticos (câmera) de baixo custo, para instalação em um VANT a ser utilizado em situações de monitoramento ambiental pelo Corpo de Bombeiros e órgãos de defesa civil.

**Palavras-chave:** VANT, Monitoramento ambiental, Sensores ópticos de baixo custo

## Abstract

The environmental monitoring is something that has been attracting increasing interest, especially in arid regions, which occur seasonally dry periods and there are constant incidence of fires, causing problems to the health and safety of the population. This work carries out the analysis of low cost optical environmental sensor (camera) for installation in an UAV to be used in situations of environmental monitoring by the fire department and civil defense agencies.

**Keywords:** UAV, environmental monitoring, low-cost optical sensors

## Introdução

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's ou Drones) são aeronaves que podem significar desde um veículo em escala controlado via rádio (planadores, helicópteros, dirigíveis, aviões, entre outros) a veículos tão sofisticados como aviões em tamanho real, com seus respectivos equipamentos de navegação (GPS, VOR, Servomecanismos, entre outros). Os VANT's têm propulsão própria utilizando forças aerodinâmicas que provocam sua sustentação e não possuem cabine de pilotagem, pois podem ser controlados a distância ou possuir algoritmos sofisticados de voo que não requerem a intervenção humana (SOUSA, 2011).

Em estudos ambientais, o sensoriamento remoto é reconhecidamente uma ferramenta muito útil, inclusive para avaliação de impactos. É possível detectar, localizar e determinar a extensão de contaminações em solos, em drenagens, na vegetação, assim como o grau de alteração provocado pelo impacto e, posteriormente o monitoramento de áreas atingidas. Entretanto, não é utilizado normalmente

em avaliação de impactos ambientais em pequenas e médias áreas (inferiores a 10 ha), em decorrência da indisponibilidade de imagens de alta resolução em datas e horários específicos e do custo relativamente elevado destas imagens quando disponíveis, o que pode inviabilizar a operação (FLORENZANO, 2002).

Para atividades de monitoramento ambiental, recomenda-se que o VANT seja equipado com GPS, possibilitando a aquisição de imagens de pontos e altitudes conhecidas para facilitar o georreferenciamento. Também é interessante que apresente capacidade de realizar missões programadas ou autônomas para obtenção de imagens aéreas, com possibilidade de programação dos pontos georreferenciados de aquisição.

A função de transmissão de informações e imagens em tempo real, principalmente por meio de vídeo é recomendada, pois gera agilidade para a obtenção de imagens relevantes. Contudo, a capacidade de armazenamento das informações diretamente no dispositivo embarcado no VANT é imprescindível, para casos de falha na transmissão (NASA, 2006).

Deve-se considerar que o sensor embarcado no VANT seja capaz ao menos de gerar composições coloridas associadas às reais. Este sensor pode ser inclusive uma câmera digital colorida de pequeno formato adaptada ao sistema, gerando nada mais do que fotografias aéreas coloridas digitais. Além da câmera, principal sensor utilizado, podem ser acoplados sensores adicionais que possibilitem subsídio às análises que serão realizadas (magnetômetro digital, barômetro, sensor de temperatura, GPS, sensor de umidade etc.).

Destaca-se que a altíssima resolução espacial das imagens permite a identificação de fenômenos e objetos na superfície com maior facilidade. Rocchini (2007), por exemplo, demonstrou a eficiência tanto das melhores resoluções espectrais quanto das espaciais, em estudos de vegetação, ao comparar o uso de dados de diferentes sensores.

## Problema e justificativa

No Brasil, os VANT's estão se tornando uma realidade cada vez maior, com aplicações voltadas principalmente à área da agricultura, vigilância e monitoração de recursos. Empresas como a Embrapa precisam de imagens aéreas que auxiliem na identificação de irregularidades no plantio,

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Sistemas de Informação da Unitins, Bolsista do PIBIC-UNITINS/CNPq;  
e-mail: web\_cristian@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor/Pesquisador Unitins; e-mail: igor.y@unitins.br

controle de doenças e pragas, pulverização adequada e formação de uma base de dados que maximize o resultado de uma colheita. Empresas de distribuição de energia, necessitam gerenciar sua planta externa para atender às exigências de empresas reguladoras, monitorando recursos como cabos e postes. Para o controle destes recursos, por serem distribuídos em grandes extensões territoriais no país e, às vezes, em áreas de difícil acesso por via terrestre, o VANT se torna uma importante ferramenta contra roubos e deterioração de equipamentos. A Petrobrás é outra grande empresa que busca investir nos VANT's, uma vez que os dutos que conduzem seu recurso precisam de constante monitoração contra vazamentos e desvios inesperados (FURTADO, 2008).

Nesse sentido, o Corpo de Bombeiros e a Coordenadoria da defesa Civil do do Estado do Tocantins têm como problema a monitoração ambiental, principalmente no que se refere a queimadas em áreas de cerrado. Além disso há problemas que requerem inspeção e monitoramento pontual, para os quais um VANT munido de câmera e sensores ambientais adicionais representa uma ferramenta de grande utilidade prática:

- monitoramento de áreas de preservação permanente para auxiliar no controle ambiental e ecológico (desmatamento, pesca ilegal, mata ciliar, queimadas, etc.);
- monitoramento de poluentes e poluição;
- inspeção de áreas contaminadas;
- georreferenciamento de pontos de difícil acesso;
- avaliação ambiental e de dano ambiental;
- apoio tático;
- serviço de inteligência;
- controle de áreas sujeitas a atividades ilegais;
- reconhecimento e controle de áreas suspeitas de atividades de narcotráfico;
- monitoramento de abigeato;
- busca e auxílio em situações de resgate;
- investigação criminal e de acidentes;
- segurança patrimonial;
- monitoramento de tráfego de veículos (pontos de

congestionamento);

- avaliação de condições de rodovias;
- monitoramento de incêndios e verificação da extensão de danos e movimento do fogo;
- avaliação de zonas de desastres;
- reconhecimento de áreas afetadas por fenômenos naturais (enchentes, deslizamentos, erosão, queimadas etc).

Assim, o presente trabalho visa pesquisar e testar a utilização de sensores ópticos (câmeras) de baixo custo utilizando Veículos Aéreos não Tripulados, possibilitando atividades de suporte ao Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins e outros órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal em atividades de monitoramento, inspeção e reconhecimento em áreas rurais e urbanas.

Para isso, foi realizado um levantamento de câmeras de baixo custo, peso e dimensões reduzidas, com aplicabilidade em monitoramento aéreo; buscou-se a configuração mais adequada de câmeras/suportes (*gimbal*) em termos de custo/benefício que podem ser transportados no VANT para coleta de dados visuais; foram implementadas as modificações necessárias para operacionalização da câmera a ser instalada na aeronave e efetuados testes em campo utilizando diversas configurações de câmeras e de sistemas de transmissão de imagens; por fim, buscou-se verificar a área de varredura por imagem possível dentro da autonomia de voo propiciada pelo VANT.

## Materiais e métodos

Uma vez definida a localização dos instrumentos necessários para o controle de voo do VANT, iniciou-se o ajuste dos equipamentos a bordo, considerando os movimentos aerodinâmicos que, neste caso, refletem-se na abertura angular da câmera de vídeo para a melhor captação e transmissão de imagens.

Para esta etapa da pesquisa foi utilizado um dos VANTs construído pelo Grupo de Pesquisa ÍCARO (inteligência Computacional, Automação e Robótica), com apoio do Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins, apresentado na Figura 1.



**Figura 1** – Protótipo de VANT (a) e controladora CRIUS com radio APC220 (b)

Fonte: acervo do projeto.

Para testes com os sensores propostos neste projeto de pesquisa de aplicação tecnológica, para adequação estrutural e dos sistemas computacionais necessários para seu controle e captura de dados, foi adotada a seguinte metodologia:

- realização de levantamento de câmeras de baixo custo, peso e dimensões reduzidas, com aplicabilidade em monitoramento aéreo;
- busca de configuração mais adequada de câmeras/suportes (*gimbal*) em termos de custo/benefício que podem ser transportados no VANT para coleta de dados visuais;
- realização de adequações estruturais necessárias para operacionalização da câmera a ser instalada na aeronave;
- realização de testes em campo utilizando diversas configurações de câmeras e de sistemas de transmissão de imagens;
- Verificação da área de varredura por imagem possível dentro da autonomia de voo propiciada pelo VANT.

## Resultados e discussão

Foi realizado estudo exaustivo de diversas câmeras de baixo custo (até US\$ 100,00) de diferentes fabricantes, peso e dimensão existentes no mercado, passíveis de instalação no VANT, mediante dados coletados em manuais técnicos e especificações fornecidas diretamente pelos fabricantes. Buscou-se avaliar equipamentos com até 150 gramas, visando otimizar a autonomia da aeronave. Outra característica exigida foi a possibilidade de capturar imagens coloridas *Full-HD*.

Após essa verificação foi realizada a opção pela câmera *BosCam HD19 ExplorerHD Full HD 1080p FPV Video Camera*, integrada com um transmissor *AV FPV584-F Pro-Duo Plug and Play 5.8 GHz 400mW Wireless System*, encarregado do envio das imagens em tempo real para processamento na central. Tal configuração é a desejável, uma vez que serve tanto para aplicação com o algoritmo de SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*), em desenvolvimento em subprojeto paralelo, quanto para outras missões com o VANT que exijam captura de imagens com boa resolução e com transmissão em tempo real. As características da BosCam podem ser observadas no Quadro a seguir.

**Quadro** – Características específicas da BosCam

Resource	Features
Image Sensor	1/2.5" CMOS
Effective Pixels	5.0 Mega Pixels
Lens	fixed focus; f: 2.8mm; angle of view: 170deg
Exposure Control	Auto
White balance	Auto
Photos Format	JPEG
Pixels	2592 X 1944
Single continuous shooting	Take 3/5/10 photos per one shooting
Auto continuous shooting	Take one photo every 3/5/10/30/60s
Video Format	mov(H.264 video compression)
Resolutions	16:9 1920 X 1080(30fps)/4:3 1440 X 1080(30fps)/16:9 1280 X 720(60fps)/16:9 1280 X 720(30fps)
Video section	5/10/15/30min optional
Quality/Bit rate	High, Medium, Low
Audio channel	Mon
Memory	High speed Micro SD card(TF card) up to 32GB (Not included)
Multifunction USB	Mini USB
Multifunction interface	DC input; AV output; remote input
Dimensions	37mm X 37mm X 31mm
Net Weight	60g
Power input	DC 12V/0.5A

Fonte: <http://www.boscam.cn>

Para estimar a área de cobertura proporcionada pela BosCam, considera-se a fórmula a seguir (FALKNER,1994) para cálculo de área de recobrimento de uma imagem obtida por aerofotogrametria:

$$ac = (av / df \times ls) \times (av / df \times cs)$$

Onde:

*ac* = área coberta

*av* = altura do voo em relação ao solo

*df* = distância focal

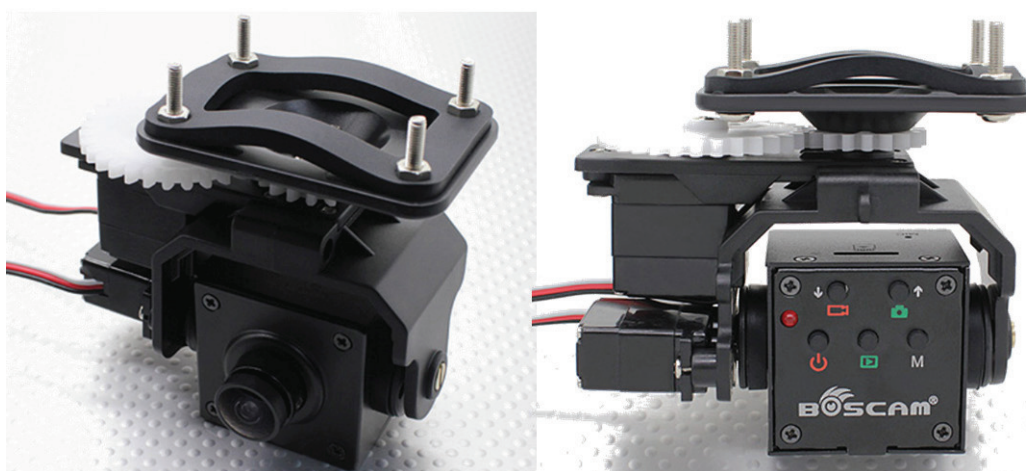
*ls* = largura do sensor

*cs* = comprimento do sensor

Tomando-se como exemplo as características da BosCam, tem-se que para um sensor de 25mm x 15mm e distância focal de 28mm, voando a 120m de altura em relação ao solo (atendendo os limites impostos pela legislação para esse tipo de aeronave), a área recoberta por uma imagem (um frame) será de aproximadamente 107m x 64m = 6.848m<sup>2</sup>. Ou seja, uma boa área para uma câmera de pequeno porte, possibilitando varredura de grandes áreas em poucos minutos, o que torna a autonomia do VANT desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa ÍCARO suficiente para vários tipos de missões (aproximadamente 15 minutos de voo). Com a devida licença dos órgãos reguladores (Licença CAVE), o VANT poderá atuar em altitudes superiores a 120m, possibilitando um sensível aumento da área de cobertura da câmera. Por exemplo, a 200m de altitude, a área coberta por uma imagem passaria para aproximadamente 178m x

107m =19.046m<sup>2</sup>, cabendo ressaltar que o VANT, dentro de condições climáticas apropriadas, pode operar a altitudes superiores a 500m.

A fabricante da BosCam disponibiliza também um *gimbal*, suporte estabilizado por meio de sensores de movimento e motores, que mantêm a imagem estável mesmos em situações de movimentos bruscos, o que é interessante tanto para captura de imagens ao ar livre, com incidência de ventos, quanto em ambientes *indoor*, onde por vezes é necessário realizar movimentos bruscos para desvio de obstáculos. Com o *gimbal*, no caso de uso para SLAM, é possível manter o foco da imagem estável durante o percurso, evitando perda de marcadores ou características importantes do ambiente. A Figura 2 apresenta a câmera BosCam montada no *gimbal*, o qual será instalada na parte inferior do VANT.



**Figura 2** – Visão frontal e traseira da câmera BosCam instalada no *gimbal*  
Fonte: acervo do projeto.

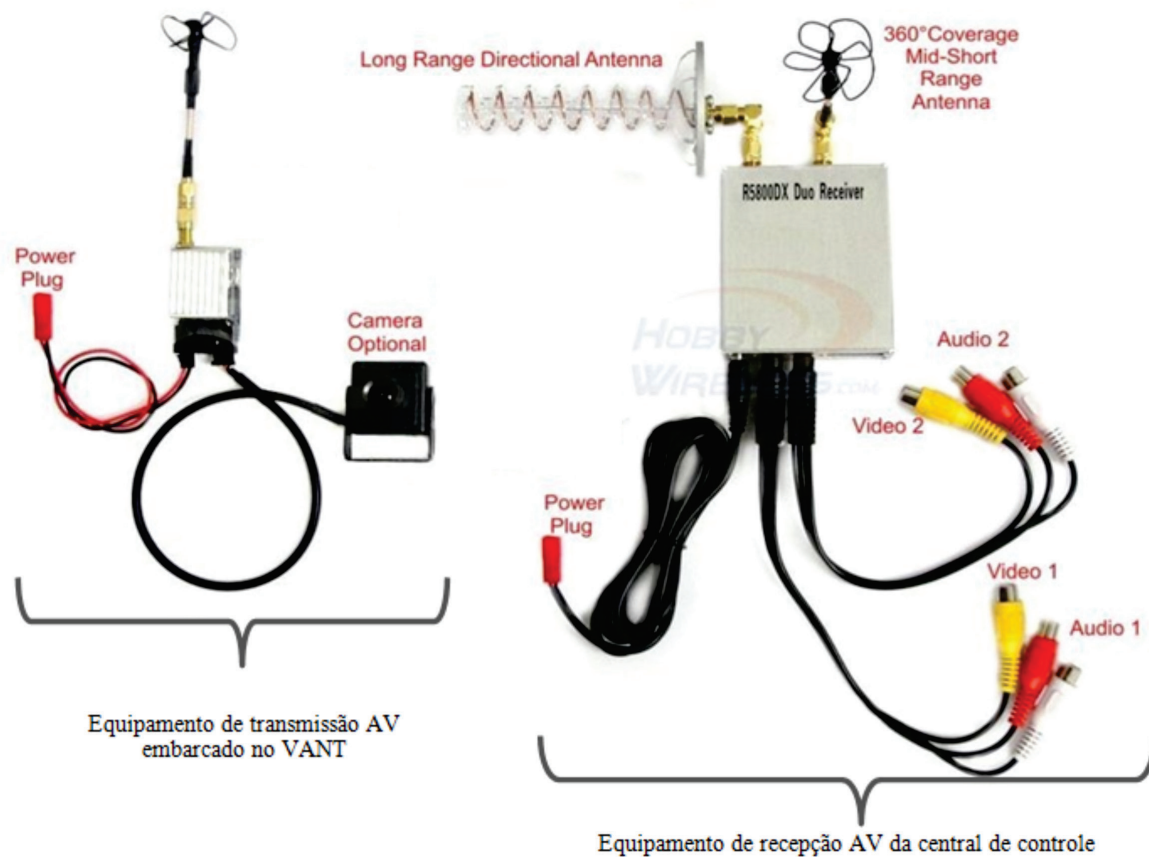
Com o uso desse *gimbal*, não há necessidade de desenvolvimento de um sistema de controle de estabilização da câmera, pois o equipamento já possui esse sistema embarcado em uma controladora própria, funcionando de maneira totalmente autônoma, liberando recursos de processamento da controladora de voo da aeronave.

A transmissão dos dados de vídeo em tempo real será realizada por um transmissor AV FPV584-F Pro-Duo Plug and Play 5.8 GHz 400mW Wireless System. Esse equipamento, que pode ser observado na figura a seguir, é encarregado do envio das imagens para processamento na central de controle em terra do VANT.

Não foi possível, até o momento, realizar os testes em campo com os equipamentos de captura, transmissão e

recepção de vídeo, uma vez que a legislação sobre uso de Drones vem tornando sua utilização cada vez mais controlada, impedindo o uso de VANTS que não tenham propósito de lazer (aeromodelos) sem o devido licenciamento. Assim, apenas podem ser realizados voos *indoor*, em ambientes controlados.

Foi realizado amplo estudo da plataforma de Hardware Aberto Arduino, que será utilizada para integrar e controlar todos os dispositivos acoplados ao VANT. Isso possibilitou uma maior compreensão da forma de integração dos sistemas (navegação e visão computacional), auxiliando na definição da melhor maneira de realizar a transmissão de dados da câmera em tempo real, sem interferir nos dados de controle da aeronave, conforme demonstrado na Figura 3.



**Figura 3** – Sistema de transmissão de vídeo em tempo real via *wireless*

Fonte: <http://hobbywireless.com>.

Este trabalho visa futura aplicação do sistema de visão computacional no VANT, munindo equipes de bombeiros e outros órgãos de defesa civil com uma ferramenta de apoio a missões com risco à integridade humana, permitindo inspecionar ambientes hostis antes da ação de equipes de resgate. O VANT construído pelo grupo ÍCARO já está em boas condições para voo estável, foi testado por membros do Corpo de Bombeiros Militar do Tocantins, e está pronto para incorporar os sensores e componentes que são objeto deste subprojeto.

## Referências

FALKNER, Edgar. **Aerial Mapping: Methods and Applications**. St. Louis, Missouri: Lewis Publishers, 1994.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

FURTADO, Vitor Hugo. Aspectos de Segurança na Integração de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT) no Espaço Aéreo Brasileiro. Simpósio de Pesquisa em Transporte Aéreo, 2008, Rio de Janeiro. **Anais do VII SITRAER**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2008.

NASA. **Earth Observations and the Role of UAVs**. 2006.

ROCCHINI, Duccio. Effects of spatial and spectral resolution in estimating ecosystem  $\alpha$ -diversity by satellite imagery. In: **Remote Sensing of Environment** v.111 (2007) 423–434. 2007.

SOUSA, José Duarte Alves de. **Development of Unmanned Aerial Four-Rotor Vehicle**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Automação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal: 2011.