

SKY MAPPING: SISTEMA BASEADO EM DRONE PARA VIGILÂNCIA PATRIMONIAL

SKY MAPPING: DRONE-BASED SYSTEM FOR PROPERTY SURVEILLANCE

Rafael T. Corturato¹, Jorge L. Gregório²

¹Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, rafael.corturato@fatec.sp.gov.br

²Faculdade de Tecnologia Prof. José Camargo – Fatec Jales, jorge.gregorio@fatec.sp.gov.br

Informação e Comunicação

Subárea: Tecnologia da Informação

RESUMO

Este trabalho apresenta um protótipo de drone aplicado na vigilância patrimonial. O sistema desenvolvido, identificado como Sky Mapping, é constituído de um drone baseado na plataforma de prototipagem Arducopter, derivada do Arduino, além de um sistema de *software* desenvolvido com a linguagem Python capaz de processar imagens em tempo real obtidas diretamente da câmera do drone. As funcionalidades implementadas incluem voo autônomo, controle manual, transmissão de vídeo em tempo real, reconhecimento de pessoas, obtenção de dados de geolocalização e captura de imagens. Assim, o sistema pode ser usado como apoio em diversas áreas, principalmente na vigilância patrimonial, considerando que é capaz de reconhecer pessoas em cenários diversos.

Palavras-chave: drone; segurança; vigilância.

ABSTRACT

This paper presents a drone prototype applied in property surveillance. The developed system, named as Sky Mapping, consists of a drone based on the Arducopter prototyping platform, derived from Arduino, in addition to a software system developed with the Python language with capability of processing real-time images obtained directly from the drone's camera. The implemented features include autonomous flight, manual control, real-time video transmission, person recognition, geolocation data obtaining and image capture. Thus, the system can be used as support in several areas, mainly in property surveillance, considering that its capability of recognizing people in different scenarios.

Keywords: drone; safety, surveillance.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, muitos trabalhos que antes eram realizados essencialmente por agentes humanos, passaram a ser realizados com o auxílio de máquinas de diversos tipos. De fato, com o advento da computação e suas tecnologias subjacentes, a sinergia homem-máquina se intensificou, possibilitando o surgimento de ferramentas revolucionárias como a internet, robótica, inteligência artificial, internet das coisas (IoT, da sigla em inglês – *internet of things*, entre outras. Os impactos que essas tecnologias causaram na sociedade vão muito além do aumento da produtividade e do surgimento de novos modelos de negócios, pois também causaram grandes transformações culturais, comportamentais e sociais em todo o mundo.

Nesse contexto, uma das ferramentas computacionais com maior potencial, capaz de integrar diversas outras tecnologias, além possibilitar uma série de aplicações, é o drone. O termo “drone” é usado para descrever qualquer aeronave não tripulada (Brasil, 2017). De fato, para a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os drones são considerados aeronaves

remotamente pilotadas (RPA – *Remotely Piloted Aircraft*), operadas a partir de uma estação de pilotagem para finalidades não recreativas. Portanto, formalmente, os drones possuem aplicações comerciais, científicas e corporativas (Brasil, 2017).

Para essas aeronaves, há o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da ANAC. Ele complementa as normas de operação de drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Dentre as muitas aplicações dos drones, destacam-se a vigilância e segurança reduzindo riscos e agilizando atividades. Nesse contexto, eles podem realizar operações complexas como o monitoramento de áreas geográficas de difícil acesso, identificando possíveis ameaças e transmitindo imagens em tempo real. O uso de drones na segurança privada traz diversos benefícios para quem precisa monitorar eventos, condomínios residenciais, áreas rurais, e outros (Gocil, 2022).

Neste contexto, além de proporcionar maior segurança e monitoramento do ambiente proposto, os drones também oferecem proteção para o profissional que faz segurança do local. Por serem pilotados remotamente, os profissionais de segurança podem estar em locais fechados e seguros sem precisar se expor ao risco do monitoramento presencial.

Devido sua praticidade e diversas aplicações, é notório o crescimento que essa tecnologia vem apresentado nos últimos anos. Segundo Ribeiro (2021), a taxa de crescimento anual do mercado de drones no mundo será de 13,8% entre 2020 e 2025. Ele também prevê que o tamanho do mercado global de drones atinja US\$ 41,3 bilhões até 2026.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um drone para realizar a vigilância patrimonial. Para isso ele conta com o auxílio da Visão Computacional e Inteligência Artificial, identificando possíveis riscos e ameaças como focos de incêndio, invasão de pessoas e animais, mostrando em tempo real os dados aos usuários por meio de aplicativos locais e móveis.

Assim, este trabalho encontra-se organizado como se segue. A Seção 2 apresenta aplicações de drones no âmbito da vigilância patrimonial, além de outras aplicações. Nessa seção também são apresentadas as tecnologias usadas para o desenvolvimento do sistema de vigilância proposto. Na Seção 3 é apresentada a metodologia e os componentes de *hardware* e *software* usados no protótipo. Na Seção 4 são apresentados os resultados e, finalmente, na Seção 5, são apresentadas as considerações finais e as aplicações futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados os principais conceitos tecnológicos relacionados ao protótipo desenvolvido, bem como trabalhos relacionados ao propósito deste projeto.

2.1 BREVE HISTÓRICO DOS DRONES

De acordo com pesquisa realizada pela Marinha do Brasil (Valuj, 2012), o conceito de veículo aéreo não tripulado (VANT) foi criado por Abraham Karem, engenheiro espacial que nasceu em Bagdá, cresceu em Israel e morou nos Estados Unidos, além de ser conhecido como fundador da tecnologia UAV (VANT da sigla em inglês). Inicialmente essa tecnologia possuía fins militares e era usada para o reconhecimento de terrenos, servindo de apoio para ataques, espionagem e envio de mensagens na guerra por volta de 1960, mas foi somente nos anos 1980 que começaram a chamar a atenção.

O uso dos drones para o setor não militar começou a se popularizar em 2006, onde agências governamentais começaram a utilizá-los para inspecionar oleoduto e pulverizar

pesticidas em fazendas. A partir desse marco começaram a regulamentar e emitir licenças comerciais para esses dispositivos.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS DRONES

Segundo Alessandro (2018), a ANAC aprovou um regulamento para a utilização de drones e seu principal objetivo é promover o desenvolvimento sustentável e seguro do setor, tornando viáveis as operações dos equipamentos e preservando a segurança das pessoas.

Essa regulamentação cria três classes de aeronaves. A **Classe 1** é para aeronaves acima de 150 kg. A **Classe 2** é para aqueles que estão acima de 25kg e abaixo de 150kg. Os RPA's¹ que se encaixam na **Classe 3** possuem um peso máximo de decolagem abaixo de 25kg. Nesta classe também foi determinada a exigência que os RPA operem além da linha visada visual (BVLOS²) ou acima de 400 pés (120 m).

Com esse novo regulamento é possível definir que o drone deste trabalho se enquadra na **Classe 3**, por ter um peso inferior a 25kg, mas independente de sua classe todos precisam estar registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.

Segundo o RAB (Brasil, 2022), esta instituição presta diversos serviços relacionados as suas competências legais, prevista no Código Brasileiro de Aeronáutica. Dentre esses serviços está o Registro de Direitos sobre a Aeronave que consiste no registro de contratos que transfiram propriedade, inscrevam, alterem ou cancelem direitos sobre aeronaves e componentes para o proprietário.

Após definir as regulamentações e obrigatoriedades, o Drone está liberado para ser usado em voos.

2.3 APLICAÇÕES

A utilização dos drones vem ganhando destaque em diversos campos, considerando que é um equipamento versátil e com diversas aplicações.

O trabalho de Albiero e Biasi (2016), apresenta um drone controlado por computador, construído baseado na plataforma de prototipagem Arduino e no computador de baixo custo Raspberry Pi. Ele possui um sistema de visão computacional³, capaz de reconhecer objetos e controlar o drone de maneira autônoma, com o objetivo de seguir objetos a uma distância definida via programação. Esse protótipo, apesar de simples, possui uma série de possibilidades no campo da vigilância patrimonial, considerando sua capacidade de seguir objetos.

Por sua vez, no campo de segurança de áreas remotas, o trabalho de Saha, Kumar e Sahu (2017) apresenta um equipamento desenvolvido para a segurança e vigilância de locais inacessíveis ao ser humano, utilizando da tecnologia FPV⁴ que possibilita ao piloto a visualização do local de forma imediata. A pesquisa teve o intuito de agilizar a vigilância e reduzir os custos nas áreas atingidas pelos Naxals⁵ visando observar as atividades de guerrilhas de forma mais eficiente.

¹ RPA's – Aeronaves Remotamente Pilotadas, da sigla em inglês.

² BVLOS - Beyond Visual Line of Sight (Além da linha de visão).

³ A visão computacional é o campo da informática encarregado de capacitar o computador a "perceber" o mundo, permitindo que a máquina execute ações com base nas informações visuais que recebe (Bradski; Kaehler, 2008)

⁴ FPV- First Person View (Visão em primeira pessoa)

⁵ Naxal - Termo genérico usado para se referir a um membro de qualquer organização política que reivindica o legado do Partido Comunista da Índia, fundado em Calcutá em 1969

Finalmente, o trabalho de Pereira (2021), apresenta um conjunto de algoritmos que processa imagens obtidas por drones voltado a aplicação de sensoriamento remoto. Ele foi concebido a partir da obtenção das imagens do drone, que ao serem processadas por um algoritmo em Python junto da biblioteca OpenCV, são separadas em algumas classes de árvores, carros, casas, e prédios para treinar e testar um outro algoritmo que utiliza de redes neurais⁶. Este algoritmo por sua vez teve algumas versões testadas, sendo elas com 30, 60, 70 e 80 neurônios artificiais⁷ que após os testes foi comprovado que o código que possui o conjunto de 70 neurônios já se mostrou bastante eficaz ao apresentar um acerto de 100% nas identificações. Também foi abordado alguns erros onde um prédio foi confundido com uma casa e um carro com uma casa. Entretanto, mesmo com incoerências, ele trouxe resultados satisfatórios no que diz respeito a utilização de redes neurais treinadas para a identificação e classificação de objetos presentes nas imagens.

Esses trabalhos são relevantes no contexto deste projeto, pois mostraram uma série de possibilidades de aplicações futuras, além de inspirar a construção do drone e do sistema de reconhecimento de imagens.

3 METODOLOGIA

Para início do projeto foi realizado uma pesquisa sobre o tema por meio de artigos publicados por alunos de universidades e pesquisadores, a fim de verificar a viabilidade do estudo e sua realização prática (vide Seção 2).

Em seguida, foi realizado um levantamento dos componentes para a construção do drone, considerando possíveis objetivos deste projeto: mapeamento do terreno, identificação de pessoas e sistema de controle autônomo.

Na Seção 4 é mostrado o drone já construído, evidenciando os componentes numerados a seguir:

1. **Frame F550:** consiste no corpo da aeronave cujo distância entre eixos de motores opostos é equivalente a 550mm. Esta estrutura também conta com 6 braços, um para cada motor.
2. **Pixhawk 32bits 2.4.8:** utilizado para controle do modelo devido a sua versatilidade e sua relação custo-benefício. Este componente é responsável por toda a parte funcional e lógica do dispositivo para mantê-lo no ar de forma autônoma.
3. **Motor Brushless:** utilizado para transformar a energia provida pela bateria em energia rotacional que é transferida para as hélices. Ao total foram utilizados 6 motores do tipo *brushless* da marca ReadyToSky com relação de 920Kv.
4. **ESC – Electronic Speed Controller:** consiste em controladores eletrônicos de Velocidade de potência máxima equivalente a 30ª com capacidade para baterias de duas a quatro células
5. **Hélices:** utilizado como propulsores os de 9” e 45 graus do ângulo de ataque, ou seja, hélices 9450.
6. **Baterias:** para a alimentação do sistema elétrico foram utilizadas baterias de polímero de lítio (lipo), sendo as três menores para testes e uma principal. Dentre elas podemos listar uma de 3 células 2500mAh, uma de 3 células 5200mAh, uma de 4 células 5200mAh e por fim a principal de 4 células 10400mAh.
7. **Câmera:** consiste em uma câmera *fisheye* utilizada para *first person view* (FPV).

⁶ Redes neurais - são sistemas computacionais baseados em conexões não lineares que tentam imitar o mecanismo de processamento do cérebro animal (Zambiasi, 2008).

⁷ Neurônios artificiais - Modelo simplificado e simulado do neurônio real (Zambiasi, 2008)

8. **Transmissor de vídeo:** equipamento utilizado para alimentar a câmera e obter sua imagem, com isso é feita a transmissão em formato PAL ⁸ por meio de ondas de rádio em frequências específicas, podendo selecionar diversos canais.
9. **Receptor de vídeo:** equipamento utilizado obter as imagens enviadas pelo transmissor caso esteja configurado na mesma frequência.
10. **Receptor de rádio:** utilizado para controle de forma manual drone é equipado com um receptor de radiofrequência configurado para se comunicar com o rádio controle.
11. **GPS e compasso:** consiste um sistema de GPS e dois compassos para realizar a triangulação da geolocalização junto do direcionamento em relação ao norte, pois sem esses aparelhos não seria possível realizar nenhuma missão autônoma.
12. **Tela FPV:** se trata de uma tela utilizada para visualizar as imagens do drone em tempo real vindas da transmissão
13. **Gravador usb:** utilizado para obter as imagens vindas do receptor de vídeo inserindo-as no computador de forma a ser reconhecido como um *input* de vídeo como uma *webcam*.

Na **Tabela 1** é mostrada uma estimativa de custo de cada componente.

Tabela 1 – Custos dos componentes do drone

ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	FRETE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1	Frame F550	1	R\$ 45,22	R\$ 158,17	R\$ 203,39
2	Kit Pixhawk+ GPS e telemetria	1	R\$ 26,46	R\$ 797,89	R\$ 824,35
3	Motor Brushless	6	R\$ 30,95	R\$ 37,41	R\$ 255,41
4	Esc	6	R\$ 30,95	R\$ 101,24	R\$ 638,39
5	Hélices	2	R\$ 30,95	R\$ 220,71	R\$ 472,37
6	Bateria 3s 2500MAh	1	R\$ 0,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
7	Bateria 3s 5200Mah	1	R\$ 0,00	R\$ 130,00	R\$ 130,00
8	Bateria 4s 5200Mah	1	R\$ 0,00	R\$ 160,00	R\$ 160,00
9	Bateria 4s 10400Mah	1	R\$ 89,60	R\$ 386,60	R\$ 476,20
10	kit transmissão FPV	1	R\$ 25,24	R\$ 407,99	R\$ 433,23
11	Receptor de rádio	1	R\$ 10,60	R\$ 140,00	R\$ 150,60
12	Gravador usb	1	R\$ 9,16	R\$ 55,00	R\$ 64,16
					Total: R\$ 3.908,10

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após as pesquisas preliminares, a análise de artigos acadêmicos e o levantamento dos custos, foi decidido o projeto de construção do equipamento, considerando os *softwares* para as operações autônomas com foco na identificação de pessoas. Assim, os componentes de *software* e seus respectivos objetivos foram definidos com se segue.

Gerenciar e monitorar aeronaves: criar uma interface entre os pilotos e sistemas de aeronaves, permitindo a programação de voos e a visualização de telemetria em tempo real como por exemplo (localização, altitude, velocidade de deslocamento, nível da bateria, parâmetros de voo). Para esta função, a ferramenta utilizada foi o Mission Planner (<http://ardupilot.org/planner/>), um *software* de código aberto da comunidade ArduPilot.

Pilotagem de multirrotores: executar voo autônomo e navegação ponto a ponto com multirrotores, como quadricópteros e hexacópteros, através de uma variedade de sensores e componentes. A plataforma utilizada para essa tarefa foi o ArduCopter (<https://ardupilot.org/copter/>), parte integrante da suite ArduPilot.

Desenvolvimento de scripts e aplicações: construção de algoritmos e processos utilizando uma linguagem interpretada, flexível e de alto nível. A linguagem empregada para

⁸ PAL – Phase Alternate Line. Formato de vídeo que codifica as os vídeos por meio imagens com 625 linhas interlaçadas, exibindo-as a 25 quadros por segundo (SONY, 2021).

essa finalidade foi o Python (<https://www.python.org>), amplamente reconhecida pela sua versatilidade em diversas aplicações.

Construção de aplicações de percepção de máquina: desenvolvimento de soluções para tarefas visuais como reconhecimento de gestos e análise de pose. Para isso, foi empregada a biblioteca MediaPipe (<https://mediapipe.dev/>) do Google, baseada na linguagem Python e especializada em aplicações de percepção para dispositivos móveis e *desktop*.

Implementação de algoritmos de visão computacional: desenvolvimento de soluções que abrangem desde reconhecimento facial até automação de veículos, por meio de técnicas avançadas de processamento de imagem. A tecnologia escolhida para essa tarefa foi a biblioteca OpenCV (<https://opencv.org/>), reconhecida por sua robustez e amplitude de recursos em visão computacional.

Manipulação e formatação de datas e horas: trabalhar com datas, horários e intervalos de tempo de maneira flexível, permitindo cálculos, formatações e conversões. Para esta tarefa, foi utilizada a biblioteca Datetime, também baseada na linguagem Python, nativamente incluída no pacote padrão (<https://docs.python.org/3/library/datetime.html>).

Controle de tempo e pausas: implementar pausas, medir o tempo de execução e manipular o relógio interno do sistema. A biblioteca empregada para tais funções foi a *time*, também parte do pacote padrão do Python (<https://docs.python.org/3/library/time.html>).

Manipulação de dados numéricos de forma eficiente: executar operações matemáticas e estatísticas em grandes conjuntos de dados, além de suportar *arrays* multidimensionais e funções matemáticas de alto nível. A ferramenta escolhida para esta finalidade foi a biblioteca Numpy (<https://numpy.org/>), uma das principais para computação numérica em Python.

Conexão e manipulação de bancos de dados PostgreSQL: estabelecer conexão, executar consultas SQL e gerenciar dados em bancos PostgreSQL de maneira robusta e segura. Para esse propósito, foi adotada a biblioteca Psycopg2 (<https://www.psycopg.org/>), uma das mais populares interfaces Python para o sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL.

Considerando esses componentes de *hardware* e *software*, foi construído um drone com capacidade voo autônomo, que transmite imagens em tempo real para um sistema de reconhecimento de imagens. Na próxima seção, serão mostrados os resultados obtidos, considerando a construção do equipamento, bem como sua integração ao sistema de *software*.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é apresentado o protótipo do sistema, considerando a integração entre *hardware* e *software* dos componentes apresentados na seção anterior.

4.1 DRONE

Após o levantamento de todos os componentes de *hardware* e *software* deu-se início a montagem do drone que após alguns modelos, foi definido como o protótipo apresentado a seguir. Na **Figura 1** e na **Figura 2** é mostrado o drone por completo e seus componentes enumerados de acordo com as informações contidas na **Seção 3**.

Figura 1 – Imagem superior do Drone



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 – Imagem inferior do Drone



Fonte: Elaborado pelos autores.

Devido ao equipamento ser desenvolvido para a área de segurança, foi definido que ele deveria ser resistente a rajadas de vento, chuvas, fortes ondas de raios UV⁹, se mantendo estável mesmo em condições adversas. Por esse motivo que, junto da Fatec Jales, que permitiu a utilização de sua impressora 3D, que foram elaboradas algumas peças para proteção do equipamento, como possível visualização nas **Figuras 1 e 2** destacando-se como componentes na coloração branca na parte superior e inferior do equipamento.

4.1.1 Receptor de Vídeo

Baseado na tecnologia de transmissão do vídeo integrado ao equipamento via ondas de rádio, foi utilizado em conjunto o receptor, a tela e o gravador para obtenção das imagens que em tempo real são processadas para identificar pessoas visíveis perante o equipamento.

Na **Figura 3** é apresentado a tela para visualização da imagem em tempo real e o receptor de vídeo localizado na parte traseira.

⁹ UV- Radiação Ultravioleta oriunda dos raios solares.

Figura 3 – Imagem da tela FPV e receptor



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em conjunto destes componentes é possível trazer um como crucial, o gravador, pois permite obter as imagens transmitidas em tempo real no computador sendo reconhecido como um input de vídeo. Desta forma, foi possível que os códigos para obtenção desta imagem se tornem extremamente simplificados, uma vez que utilizando a biblioteca OpenCV basta introduzir uma linha de código tratando como uma captura de vídeo.

Na **Figura 4** possível ver o gravador utilizado no projeto.

Figura 4 – gravador conectado a porta USB de um notebook



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 RECONHECIMENTO DE IMAGEM

O reconhecimento utilizando das tecnologias citadas na Seção 3 funciona de tal forma que, ao identificar uma pessoa, o sistema automaticamente inicia o ciclo de registros.

Este ciclo se consiste em obter uma imagem da pessoa a cada dois segundos e, caso permaneça na visão do equipamento por mais de cinco segundos, é registrado um vídeo enquanto permanecer visível. Junto das imagens obtidas é registrado a data e a hora exata da captura e sua localização em que foi obtida, para que assim sejam enviadas a um banco de dados onde outros sistemas poderão processar mais a fundo para melhores detecções.

Com isso foram realizados diversos voos testes sendo eles em instituições públicas, uma delas a Fatec Jales onde foram realizados os testes de cobertura e detecção previa de pessoas. Na **Figura 5** é apresentado a visão aérea vinda do equipamento

Figura 5 – Imagem aérea da Fatec Jales



Fonte: Elaborado pelos autores.

Além dos testes em altitudes mais elevadas foram realizados também em um cenário de proximidade as pessoas para melhor qualidade na imagem, podem assim observar na **Figura 5**, a imagem simples obtida e salva (a) e com as marcações do reconhecimento (b).

Figura 6 – (a) Imagem obtida e salva

(b) Imagem com marcações



(a)

(b)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando que os testes prévios deveriam ser realizados em um ambiente mais restrito, foi cedido um espaço na Etec Dr. José Luiz Viana Coutinho (Etec Jales) como cenário de voo para detecção e análise de estabilidade e duração de bateria.

Na **Figura 7** é apresentado um reconhecimento obtido em um dos testes de campo realizados nas dependências da sede agrícola da Etec Jales.

Figura 7 – Identificação de uma pessoa

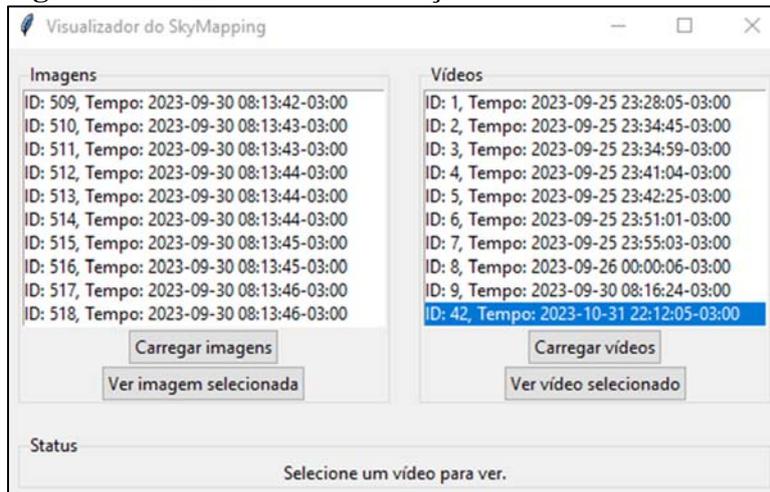


Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez que todos estes dados foram obtidos e armazenados em um banco de dados para facilitar a gerência e o acesso a eles, foi desenvolvido um pequeno algoritmo em Python utilizando dos *softwares* citados na Seção 3 que permite uma rápida visualização das imagens obtidas junto de seus dados vinculados, permitindo assim que uma pessoa ou sistema consiga monitorar os dados enquanto são obtidos.

Na **Figura 7** é apresentada a interface de rápida visualização das imagens obtidas.

Figura 8 – Interface de visualização



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme apresentado, as capturas são salvas pelo sistema externo. Assim, as imagens são armazenadas no banco de dados PostgreSQL por meio da biblioteca Psycopg2 (<https://pypi.org/project/psycopg2/>). Estes dados são gravados dentro das tabelas *detected_images* e *detected_videos*.

No **Quadro 1** e no **Quadro 2** são mostrados os atributos de cada tabela e seu respectivo tipo de dado.

Quadro 1 – Tipo dos atributos da tabela de imagens

detected_images	
NOME	TIPO
Id	integer
image	bytea
latitude	real
longitude	real
time	timestamp with time zone

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2 – Tipo dos atributos da tabela de vídeos

detected_videos	
NOME	TIPO
Id	integer
video	bytea
latitude	real
longitude	real
time	timestamp with time zone

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES

Montar um drone, embora seja uma atividade fascinante, apresenta desafios significativos em termos de custo, importação de peças, demora na entrega, peso, tempo de voo e comunicação. A montagem de drones requer um investimento substancial devido ao custo elevado dos componentes como motores, sensores e a câmera.

Além disso, a importação de peças pode resultar em atrasos e despesas adicionais, principalmente atualmente devido ao novo programa adotado pelo governo denominada de remeça conforme previsto na normativa RFB N° 2.146 (Brasil, 2023). O peso do drone influencia diretamente o desempenho, tornando drones mais pesados menos eficientes em termos de tempo de voo e consumo de energia. No entanto, devido a utilização de seis motores, o dispositivo apresentou maior estabilidade.

Um outro detalhe é que a comunicação via Wi-Fi pode ser instável, limitando o alcance e a qualidade da transmissão da telemetria. A transmissão via rádio oferece maior alcance, mas pode ser afetada por interferências.

Como apresentado na Seção 3, a transmissão de vídeo se dá pelo formato PAL, amplamente utilizado em equipamentos de FPV. Com esse formato é possível uma boa latência, porém com uma resolução e qualidade mais baixa, interferindo diretamente na capacidade de processamento do sistema.

Superar essas dificuldades requer pesquisa, dedicação e recursos substanciais, com recompensas na capacidade de personalizar os equipamentos, reduzir o peso, otimizar os sistemas e capturar imagens aéreas únicas e de maior qualidade e resolução.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no estudo realizado é possível constatar a viabilidade do projeto e das tecnologias utilizadas, considerando as integrações realizadas. O sistema desenvolvido consiste em um drone com capacidades de voo autônomo e manual, estabilidade e correção de voo, transmissão e captura das imagens em FPV. Ademais, há um sistema externo independente do

que recebe as imagens e realiza o processamento para identificação prévia de pessoas e o registro das coordenadas para futuros processamentos. Apesar do custo para implementação ser um pouco elevado, ele ainda é significativamente baixo em relação aos equipamentos comerciais disponíveis no mercado.

Assim, o projeto é classificado como funcional até o presente momento, porém com possíveis implementações futuras com o objetivo aprimorar suas capacidades, ampliar o tempo de voo e, por fim, reduzir o custo de produção.

Como implementações futuras pode-se destacar a redução do peso para que a carga de voo seja inferior a atual, aumentando a autonomia da bateria. A reprogramação total do equipamento para otimizar os códigos e a comunicação com o computador responsável por controlar os voos. Pode-se melhorar algoritmo de captura externo para extrair mais informações a serem armazenadas no banco de dados e, por fim, a confecção de uma rede neural treinada para realizar o pós-processamento das imagens registradas no banco. Assim, considerando as imagens armazenadas, elas poderão passar por validações de horário e local, vestimenta, e principalmente, a postura do indivíduo e se ele possui objetos suspeitos em suas mãos.

De fato, o presente projeto tem potencial para tornar-se a base de uma *startup* focada na vigilância patrimonial, não apenas urbana, mas rural e em outros ambientes.

REFERÊNCIAS

ALBIERO, V.; BIASI, H. H. Desenvolvimento de um drone autônomo guiado por meio de técnicas de visão computacional. **Unoesc e Ciência**: ACET, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 35-44, jan./jun. 2016.

ALESSANDRO, R. **Novo regulamento da ANAC para o uso de Drones**. 2018 Disponível em: https://www.avmakers.com.br/blog/novo-regulamento-da-anac-para-o-uso-de-drones?gclid=Cj0KCQjw-pyqBhDmARIsAKd9XIP2on-8t5oPCJ0X8w_U-s2AbjP-Bg9QAhnItVTT7q0a5dCO3EqRYMoaApRZEALw_wcB. Acesso em: 20 set. 2022.

BRADSKI, G.; KAEHLER, A. **Learning OpenCV: Computer Vision with OpenCV Library**. Sebastopol: O' Reilly Media, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa RFB nº 2.146, de 29 de junho de 2023. Altera a Instrução Normativa RFB nº 1.737, de 15 de setembro de 2017, e a Instrução Normativa RFB nº 2.124, de 16 de dezembro de 2022, para dispor sobre o controle aduaneiro das remessas internacionais. **Diário Oficial da União**, ed. 123, seção 1, p. 32, 30 jun. 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-rfb-n-2.146-de-29-de-junho-de-2023-493186915>. Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. **Drones**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones>. Acesso em: 27 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. **Serviço de registro aeronáutico brasileiro**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/sistemas/rab/servicos-de-registro-aeronautico-brasileiro>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GOCIL. **O uso de drones na segurança privada**. 2022. Disponível em: <https://gocil.com.br/blog/uso-de-drones-na-seguranca-privada/>. Acesso em: 20 out. 2023.

PEREIRA, H. C. S. **Emprego de inteligência artificial na escolha automática de algoritmos e parâmetros de técnicas de processamento de imagens obtidas por drone para aplicação no sensoriamento remoto.** 2021. Disponível em: http://mtc-m21d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.23.18.56/doc/IA%20Par%C3%A2metros%20Drones_Relat%C3%B3rio%20Parcial_CNPQ%202021_H%C3%A9rcules%20Pereira.pdf Acesso em: 22 set. 2022.

RIBEIRO, G. **Crescimento do mercado de drones será constante nos próximos anos.** 2021. Disponível em: <https://mundogeo.com/2021/07/22/crescimento-do-mercado-de-drones-sera-constante-nos-proximos-anos/>. Acesso em: 20 set. 2022.

SAHA, A.; KUMAR, A.; SAHU, A. K. Fpv drone with gps used for surveillance in remote areas. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH IN COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND COMMUNICATION NETWORKS – ICRCICN*, 3., 2017, Kolkata, Índia. **Anais** [...]. Kolkata, Índia, 2017. p. 62-67.

SONY. **What are the ntsc, pal, and secam video format standards.** 2021. Disponível em: <https://www.sony.com/electronics/support/articles/00006681>. Acesso em: 5 nov. 2023.

VALUJ, R. **Drones em operações militares.** 2012. Disponível em <https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/O%20Uso%20de%20Drones%20%28VANT%29%20em%20Opera%C3%A7%C3%B5es%20Militares.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

ZAMBIASI, S. P. **Inteligência Artificial Aplicada a Sistemas de Informação.** 2008. Disponível em: https://saulo.arisa.com.br/aulas/icpg/Redes_Neurais_Artificiais.pdf. Acesso em: 5 nov. 2023.

AGRADECIMENTOS

A Fatec Jales por ter apresentado a possibilidade de bolsa, mesmo que simbólica, um projeto de iniciação científica por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação CPS/CNPq (PIBIT - CPS/CNPq). Esse projeto foi amparado por esse importante programa. A direção da Fatec Jales por ter cedido a impressora 3D para impressão de artefatos que compuseram o drone. Finalmente, a Fatec Jales por ter cedido o espaço para voos de teste, além de dar a possibilidade de apresentar o projeto para professores e supervisores do Centro Paula Souza.