

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

WALES BARBOSA RIBEIRO

**O USO DE DRONES FPV PARA APLICAÇÕES EM
PRODUÇÕES AUDIOVISUAIS: PROPAGANDA VIVO**

UBERLÂNDIA

2023

WALES BARBOSA RIBEIRO

**O USO DE DRONES FPV PARA APLICAÇÕES EM
PRODUÇÕES AUDIOVISUAIS: PROPAGANDA VIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Me. Éder Alves de Moura

UBERLÂNDIA

2023

Ribeiro, Wales Barbosa

O Uso De Drones FPV Para Aplicações Em Produções Audiovisuais: Propaganda VIVO/ **Wales Barbosa Ribeiro. – UBERLÂNDIA, 2023.**

Orientador: Prof. Me. Éder Alves de Moura

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica . 2023.

Inclui bibliografia.

1. Drone. 2. Sistemas Embarcados. 3. Produção Audiovisual. I. Éder Alves de Moura. II. Universidade Federal de Uberlândia. III. Faculdade de Engenharia Elétrica. IV. Engenharia de Controle e Automação.

WALES BARBOSA RIBEIRO

**O USO DE DRONES FPV PARA APLICAÇÕES EM
PRODUÇÕES AUDIOVISUAIS: PROPAGANDA VIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Uberlândia, 22 de junho de 2023

Prof. Me. Éder Alves de Moura
Orientador

Prof. Dr. Josué Silva de Moraes
Avaliador

Prof. Dr. Renato Santos Carrijo
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram em minha jornada acadêmica, encorajando-me a perseguir meus sonhos e alcançar meus objetivos. Agradeço por todo amor, paciência e motivação. Também dedico este trabalho aos meus professores e orientadores, que me guiaram e proporcionaram conhecimento valioso ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho e para minha jornada acadêmica na Engenharia de Controle e Automação. Primeiramente, sou imensamente grato aos meus familiares, em especial aos meus pais José e Eliana, pelo amor, apoio e por estarem ao meu lado em cada etapa deste percurso.

Aos meus professores e orientadores, quero expressar minha profunda gratidão. Seus conhecimentos, orientações e sugestões valiosas moldaram meu pensamento crítico e me ajudaram a aprimorar este trabalho. Sou grato por sua dedicação em compartilhar seu expertise e orientação ao longo dessa jornada.

Agradeço também aos meus amigos e colegas de classe, que enriqueceram minha experiência acadêmica com sua amizade e colaboração. As discussões e troca de ideias foram inspiradoras e desafiadoras, impulsionando meu crescimento pessoal e acadêmico.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa jornada, desde os colegas de turma até as pessoas que cruzaram meu caminho durante esse percurso. Cada conversa, conselho e palavra de incentivo foram importantes para minha formação como engenheiro e como pessoa.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Muito obrigado!

“Tem espaço pra todo mundo!”,

(Autor desconhecido)

RESUMO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou, simplesmente, drones são usados em uma ampla gama de aplicações, como produções audiovisuais. No entanto, os drones são operados remotamente por um humano no solo e, geralmente, não têm a capacidade de fornecer uma experiência imersiva, que é um aspecto importante na operação remota de robôs. Atualmente, existe uma clara tendência ao uso de drones para cinematografia aérea e produção de mídia em geral. É possível apontar duas razões para esse movimento: os drones podem ser equipados com câmeras de alta qualidade e, ao mesmo tempo, não são muito caros. Essas facilidades tem propiciado o seu uso, tanto por profissionais quanto por amadores. Em segundo lugar, devido à sua manobrabilidade, eles ampliam as possibilidades estéticas para a produção de mídia, pois podem criar novos e únicos enquadramentos. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso compreendendo todo o processo de produção audiovisual para uma propaganda para a empresa de telecomunicações Vivo com um drone Visão em Primeira Pessoa, ou First Person View (FPV). Desta forma, a trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre a aplicação de drones, o processo de projeto, construção e configuração de um drone FPV destinado à produção audiovisual, bem como os resultados da gravação do comercial.

Palavras-chave: drones, drone fpv, sistemas embarcados, produção audiovisual.

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), or simply drones, are used in a wide range of applications, including audiovisual productions. However, drones are operated remotely by a human on the ground and generally lack the ability to provide an immersive experience, which is an important aspect in the remote operation of robots. Currently, there is a clear trend towards the use of drones for aerial cinematography and media production in general. Two reasons can be pointed out for this movement: drones can be equipped with high-quality cameras and, at the same time, they are not very expensive. These advantages have facilitated their use, both by professionals and amateurs. Secondly, due to their maneuverability, they expand the aesthetic possibilities for media production, as they can create new and unique frames. Thus, the objective of this work is to present a case study comprising the entire audiovisual production process for an advertisement for the telecommunications company Vivo using a First Person View (FPV) drone. In this way, the paper presents a literature review on the application of drones, the process of designing, building, and configuring an FPV drone for audiovisual production, as well as the results of the commercial recording.

Keywords: drones, fpv drone, embedded systems, audiovisual production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Veículos Aéreos Não Tripulados	14
Figura 2 - Exemplo de Óculos FPV	15
Figura 3 - Sistema de Controle de um drone multirrotor	21
Figura 4 - Diagrama do controle PID de um drone.....	22
Figura 5 - Número de ARPs cadastrados no SISANT	23
Figura 6 - Interface do programa Betaflight	31
Figura 7 - Funcionamento de uma Controladora de Voo	34
Figura 8 - Parâmetros de PID no Betaflight.....	35
Figura 9 - Resposta ao degrau através do PID Toolbox.....	36
Figura 10 - Comparativo das respostas ao degrau	37
Figura 11 - Drone de 5 polegadas	39
Figura 12 - Drone de 2,5 polegadas	40
Figura 13 - Primeira locação	41
Figura 14 - Segunda Área de Voo (Morro de Argila).....	42
Figura 15 - Quadro da cena com a modelo no topo do morro de argila	43
Figura 16 - Quadro da cena através dos galhos da árvore	44
Figura 17 - Quadro da cena de encerramento do comercial.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do motor Emax ECOII-2306 de 1700KV.....	29
Tabela 2 - Peças utilizadas na montagem.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ARP	Aeronaves Remotamente Pilotadas
EBAC	Escola Britânica de Artes Criativas e Tecnologias
ESC	<i>Electronic Speed Controller</i>
FPV	<i>First Person View</i>
Kd	Coefficiente derivativo
Ki	Coefficiente integral
Kp	Coefficiente proporcional
KV	Constante de velocidade
mAh	miliampère-hora
PID	Proporcional, Integral e Derivativo
RBAC-E	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial
RPM	Rotações Por Minuto
SISANT	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
TBS	<i>Team BlackSheep</i>
TVC	<i>Thrust Vectoring Control</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

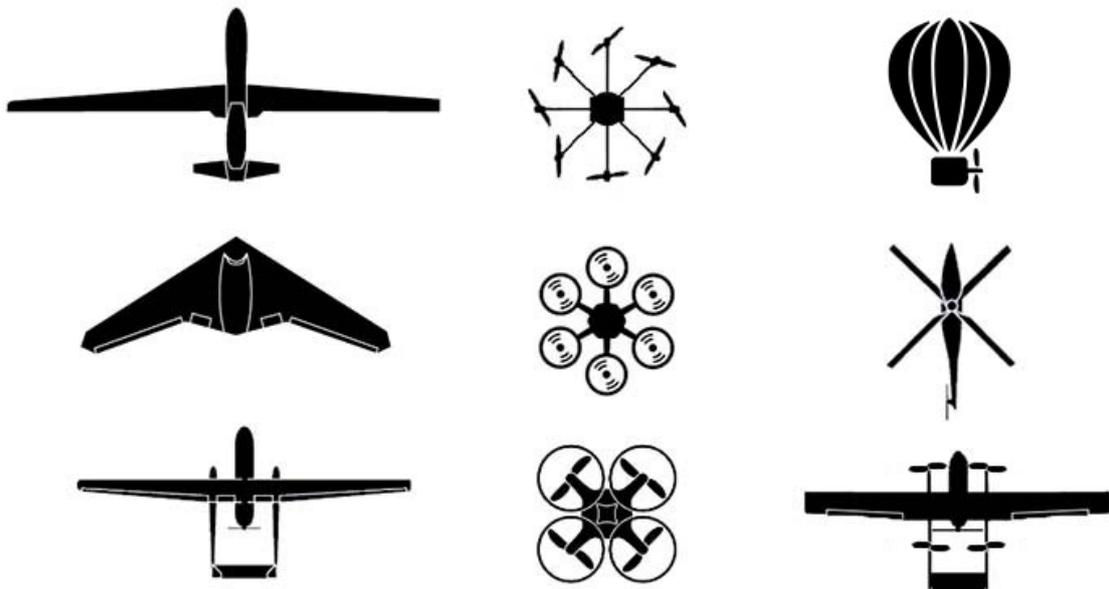
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo.....	16
1.3 Organização do Trabalho	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).....	18
2.2 Projeto de um VANT.....	18
2.3 Sistemas Embarcados.....	19
2.4 Sistema de controle de um multirroto.....	20
2.5 Controle PID	21
2.6 Análise do mercado brasileiro	23
2.7 Aspectos legais e regulatórios do uso de drones em produções audiovisuais.....	24
2.8 Aspectos emocionais e narrativos das imagens capturadas por drones	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1 Estudo de caso: Produção Audiovisual de Propaganda VIVO.....	26
3.1.1 Requisitos do projeto	27
3.1.2 Dimensionamento da plataforma	28
3.1.3 Sistemas embarcados no projeto	30
3.1.4 Ajuste de PID	34
3.1.5 Preparação e planejamento das cenas	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	46

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXO A - REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL ESPECIAL (RBAC-E 94)	49

1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 envolve a integração de tecnologias físicas e digitais de forma a tornar processos mais eficientes, feitos de forma mais segura, rápida e com menor custo operacional (Confederação Nacional da Indústria, 2016). Segundo Malta (2019), os Drones têm um papel fundamental nessa revolução em diversos setores da economia, como agricultura, mineração, meio ambiente e, também, no mercado de produção audiovisual. De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), os Drones são Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também chamados de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), que podem ser utilizados para diversos fins, tais como o uso recreativo, aplicações comerciais e industriais como em sistemas de segurança e monitoramento, pulverização, inspeção e, também, com fins militares. A Figura 1 apresenta alguns modelos de variações de Drones que são comumente usadas para essas aplicações.

Figura 1 - Veículos Aéreos Não Tripulados



Fonte: Hispa Drones (2019)

Tendo a possibilidade de acessar áreas distantes e de difícil acesso e da utilização de diferentes sensores e dispositivos acoplados, o drone trouxe para a indústria e para a

sociedade diversas possibilidades de trabalho. No entanto, os drones são operados remotamente por um humano no solo e geralmente não têm a capacidade de fornecer uma experiência imersiva, que é um aspecto importante na operação remota de robôs (ADALGEIRSSON e BREAZEAL, 2010).

Conforme discutido em Tezza et al. (2020), o voo em Primeira Pessoa, ou First Person View (FPV), surgiu para fornecer aos usuários uma experiência de voo mais imersiva, de modo que o drone está equipado com uma câmera frontal que transmite vídeo ao vivo para um par de óculos usados pelo piloto, exemplificado na Figura 2. Isso leva a uma experiência imersiva dando ao piloto a impressão de voar a bordo do drone.

Figura 2 - Exemplo de Óculos FPV



Fonte: DJI (2022)

1.1 Justificativa

De acordo com a Escola Britânica de Artes Criativas e Tecnologias (EBAC), a

demanda por conteúdos audiovisuais vem crescendo. Nos últimos dez anos, o vídeo se tornou um dos formatos on-line mais populares, abrangendo desde conteúdo educacional até análises de produtos (MONTENEGRO, 2023). A veiculação de informações no formato de vídeo é uma tendência cada vez maior nas plataformas digitais (ALHUMAID, 2022). Por isso, há uma crescente demanda por profissionais que atuem nos diversos estágios da produção audiovisual.

Dentro dessa demanda audiovisual existe uma tendência ao uso de drones para cinematografia aérea e produção de mídia em geral. As principais razões para esta tendência são duas: em primeiro lugar, os drones podem ser equipados com câmeras de alta qualidade, mas, ao mesmo tempo, não são muito caros, o que os torna atraentes para usuários amadores e profissionais; em segundo lugar, devido à sua manobrabilidade, eles ampliam as possibilidades estéticas para a produção de mídia, pois podem criar cenas novas e únicas. Além disso, aplicações de produção de mídia para cobertura de eventos ao ar livre podem se beneficiar do uso de equipes de drones, principalmente para produzir tomadas multi-vista e filmar vários pontos de ação simultaneamente. Já do ponto de vista logístico e operacional, um drone pode ser operado mais facilmente que outros equipamentos que são comumente adotados. A exemplo, é possível citar o seu uso em substituição à câmeras guindastes ou aeronaves tripuladas, tais como aviões e helicópteros, em cenários externos, ou sua operação em ambientes internos com movimentação em meio à obstáculos, percorrendo longas distâncias ou que necessitem de agilidade. Em específico, o Drone FPV consiste em uma especialização do hardware utilizado, visando garantir características de operação que permitam a instalação de uma câmera para a navegação online e gravação, força nos motores para a agilidade e precisão das manobras, ampliando as possibilidade de cenas de vídeo para a produção audiovisual e cinematográfica.

1.2 Objetivo

O operador de Drone FPV é um dos mais novos profissionais requisitados para diversas áreas da produção audiovisual. Tradicionalmente, as produtoras de vídeo, emissoras de televisão e produtoras de cinema se dividem entre diversos profissionais, cada um desempenhando sua função - direção geral, fotografia, produção, edição, cenografia, iluminação, entre outras.

Neste trabalho, os esforços se voltarão ao desenvolvimento e uso dos drones quanto à sua aplicação na produção cinematográfica, utilizando do sistema FPV como método eficaz de criação de filmagens únicas. Portanto, focaremos em uma campanha publicitária realizada pela empresa Vivo, uma das principais empresas de telecomunicações do Brasil, evidenciando os resultados eficazes ao se utilizar desse método/tecnologia.

1.3 Organização do Trabalho

A monografia será organizada em quatro capítulos, onde:

- No Capítulo 2 serão apresentados os estudos sobre a base do trabalho com explanação sobre drones e sua aplicação em produções audiovisuais, tipos de drones utilizados e suas características e também os aspectos legais e regulatórios do uso de drone no brasil;
- No Capítulo 3, toda a metodologia para o desenvolvimento do *case* será apresentada, destacando o impacto dos estudos em Engenharia no desenvolvimento do projeto.;
- O Capítulo 4 detalha os resultados obtidos; e
- Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo e apontamentos para trabalhos futuros

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como base teórica, foram explorados tópicos relacionados a drones, sistemas embarcados, controle de voo, e outros conceitos de tecnologia e normas regulamentadoras para fundamentar as escolhas e decisões tomadas no projeto.

2.1 Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)

De acordo com Tice (1991), VANTs são veículos aéreos que não carregam operadores humanos. Eles usam forças aerodinâmicas para elevar o veículo no ar. Os VANTs são direcionados por um controlador em solo ou controladores pré programados embarcados. VANTs que são operados apenas remotamente são conhecidos como Aeronaves Remotamente Pilotadas.

Os primeiros países que começaram pesquisas sobre VANTs foram os Estados Unidos, o Reino Unido, Rússia, Alemanha e Israel. O primeiro uso de um veículo voador não tripulado foi pelos austríacos em agosto de 1849. Na época eles usaram balões cheios de explosivos contra a cidade de Veneza (LUM et al., 2011). Um dos primeiros criadores de drones foi Charles Kettering que, em colaboração com Elmer Sperry, Orville Wright e Robert Milikanem, criaram em 1915 a aeronave chamada “Kettering Bug”. Era um avião automático primitivo, lançado através de um trilho, equipado com giroscópio e barômetro. Em contraste, a primeira aeronave civil foi produzida apenas 1988 no Japão, a pedido do Ministro da Agricultura, Florestas e Pesca (SCHEDING e FINN, 2010).

Os drones públicos se diferem dos militares no tamanho e na dirigibilidade. Eles são menores e são conduzidos por motores elétricos (militares são acionados por um motor de combustão interna). Eles são usados principalmente para fotografar e filmar (HEJDUK, 2015). Dentre os aspectos construtivos dos drones, destacam-se a estrutura (*frame*), o sistema eletrônico (controladores, motores, sensores) e o sistema de controle.

2.2 Projeto de um VANT

Anderson (2016) diz que para projetar um VANT capaz de carregar uma câmera, é necessário seguir alguns passos. Aqui estão algumas etapas fundamentais:

- Definir os requisitos: Determinar as necessidades específicas do projeto, como o tipo

de câmera a ser utilizada, o peso máximo suportado, a autonomia de voo desejada, a velocidade máxima em voo, o estilo de voo e o alcance;

- Dimensionar a plataforma: Selecionar ou projetar uma estrutura adequada para suportar a câmera e atender aos requisitos de carga útil, considerando fatores como resistência, estabilidade e aerodinâmica;
- Selecionar os componentes: Escolher os sistemas a serem embarcados na aeronave, como motores, controladores de voo, baterias, sensores de estabilização, sistemas de transmissão de dados e sistemas de controle remoto que sejam adequados às especificações do projeto;
- Projeto do sistema de alimentação: Dimensionar o sistema de alimentação elétrica, levando em consideração a demanda de energia do sistema moto propulsor, do sistema de controle e a autonomia de voo desejada;
- Testes e ajustes: Realizar testes rigorosos para verificar o desempenho do VANT, o alcance e a estabilidade em voo e ajustar os parâmetros dos sistemas de controle, a exemplo dos ganhos de um controlador Proporcional-Integrativo-Derivato (PID), de forma iterativa, até que sejam atingidos os critérios de desempenho desejados.

Uma das configurações mais comuns para drones que carregam câmeras é o multirroto, que possui vários motores dispostos em um arranjo específico. Essa configuração permite que o drone seja adaptável em termos de tamanho e peso, de acordo com as necessidades da carga a ser transportada. Um multirroto requer vários componentes para seu funcionamento, que incluem motores, Controladores Eletrônicos de Velocidade, ou, do inglês, Electronic Speed Controllers (ESCs), controladora de voo, transmissores de radiofrequência, bateria, hélices e uma estrutura resistente capaz de acomodar todos os elementos.

2.3 Sistemas Embarcados

Todos os anos, são construídos diversos sistemas de computadores para um objetivo bem diferente do que estamos acostumados.

Um sistema embarcado é um sistema computacional, conjunto de *hardware* e *software*, que pode executar uma tarefa específica em um sistema maior (SOUZA, 2023). Eles são integrados em outros equipamentos para controlar ou monitorar um determinado processo. Esses sistemas são geralmente são simples e de baixo custo, sendo compostos por

um conjunto limitado de componentes, como micro controladores, sensores e atuadores.

Os sistemas embarcados geralmente são limitados em recursos, como memória e processamento. Eles também são projetados para serem compactos, confiáveis e eficientes em termos de energia.

Eles são encontrados em uma variedade de aplicações, incluindo VANTs, automóveis, dispositivos médicos, sistemas de segurança e muito mais. Eles são projetados para realizar uma tarefa específica de maneira automatizada e precisa, e podem ser programados para tomar decisões em resposta a entrada de sensores ou outras condições.

2.4 Sistema de controle de um multirroto

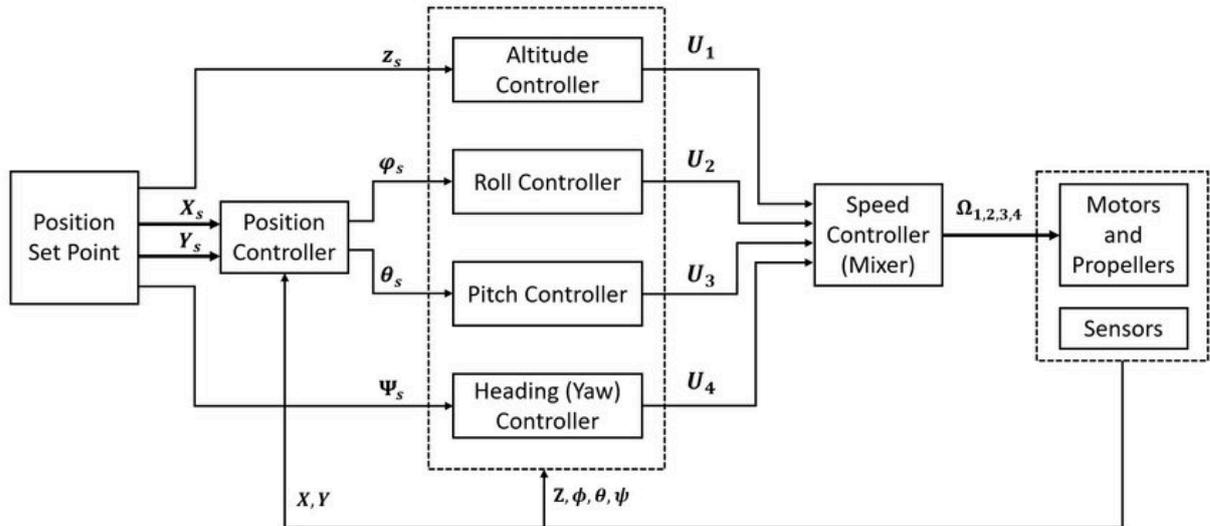
Um drone multirroto com quatro motores utiliza um sistema de controle conhecido como Controle de Vetorização de Empuxo, ou *Thrust Vectoring Control* (TVC). Esse sistema é responsável por controlar a direção e a estabilidade do drone durante o voo.

O TVC funciona ajustando a velocidade de rotação de cada um dos quatro motores. Ao variar a velocidade de rotação de cada motor, é possível alterar o empuxo gerado por eles e, conseqüentemente, controlar a direção e a atitude do drone.

Existem diferentes estratégias de controle utilizadas para controlar um drone multirroto. Uma das mais comuns é o controle de PID, mencionado anteriormente. Esse controle permite ajustar os parâmetros do PID para corrigir a estabilidade do drone, mantendo-o equilibrado durante o voo.

Além do TVC, os drones multirrotores também contam com sensores, como acelerômetros, giroscópios e barômetros, que fornecem informações sobre a posição, a velocidade e a altitude do drone. Esses sensores são integrados ao sistema de controle para auxiliar no ajuste da estabilidade e no controle de voo, como mostra o fluxograma da Figura 3.

Figura 3 - Sistema de Controle de um drone multirrotor



Fonte: Kim (2020)

2.5 Controle PID

O controle PID é um método amplamente utilizado em sistemas de controle para regular a saída de um sistema com base no erro entre a referência desejada e a medição atual. O controle PID, conforme abordado por Nise (2011), é fundamentado em três componentes principais:

- Proporcional (P): O termo proporcional ajusta a saída proporcionalmente ao erro atual. Quanto maior o erro, maior será o sinal de controle enviado para corrigir o sistema.
- Integral (I): O termo integral leva em consideração o acumulado de erros passados e age para eliminar o erro acumulado ao longo do tempo. Ele corrige erros de longo prazo e garante um controle preciso e estável.
- Derivativo (D): O termo derivativo é responsável por ajustar a taxa de variação da saída com base na taxa de variação do erro. Ele permite que o sistema responda rapidamente a mudanças rápidas no erro e ajuda a evitar oscilações indesejadas.

A equação do controle PID é dada por:

$$u(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + Kd \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Onde:

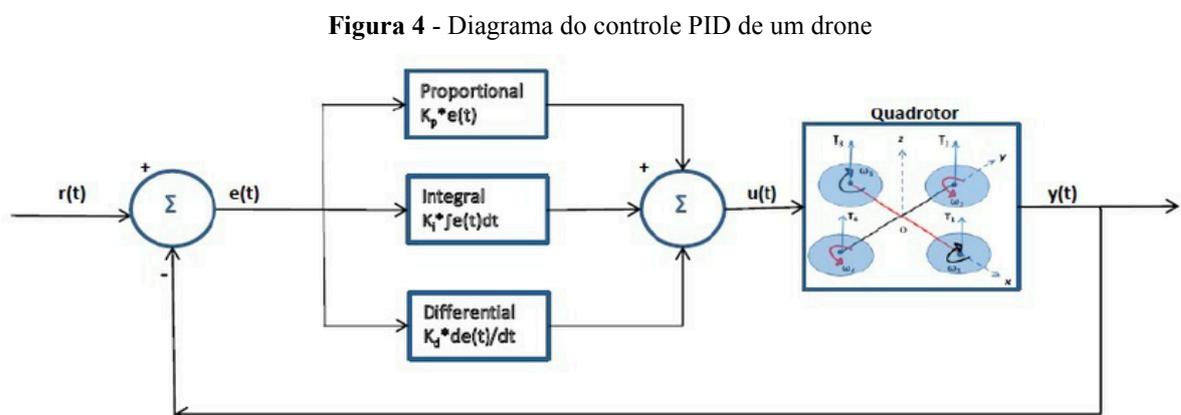
- $u(t)$ é o sinal de controle gerado pelo controlador PID;

- K_p , K_i e K_d são os ganhos proporcionais, integrais e derivativos, respectivamente;
- $e(t)$ é o erro entre o valor desejado e o valor real do sistema no instante t ;
- $\int_0^t e(\tau)d\tau$ é a integral do erro ao longo do tempo até o instante t ;
- $\frac{de(t)}{dt}$ é a derivada do erro em relação ao tempo.

A Equação (1) representa a ação de controle do controlador PID, que combina o termo proporcional, o termo integral e o termo derivativo para gerar o sinal de controle. O termo proporcional responde ao erro instantâneo, o termo integral integra o erro acumulado ao longo do tempo e o termo derivativo considera a taxa de variação do erro. Essa combinação visa minimizar o erro do sistema e alcançar um desempenho de controle mais preciso e estável.

O ajuste adequado do PID é fundamental para garantir um drone estável e robusto durante o voo. Um PID bem calibrado permite que o VANT se mantenha equilibrado mesmo em condições adversas, como rajadas de vento ou mudanças bruscas de altitude. Isso é essencial para obter imagens nítidas e suaves durante a captura de imagens.

O processo de ajuste do PID geralmente envolve a realização de testes e a análise dos resultados para encontrar os valores ideais dos parâmetros do controlador. Os parâmetros do PID incluem o coeficiente proporcional (K_p), o coeficiente integral (K_i) e o coeficiente derivativo (K_d). Cada um desses coeficientes afeta a resposta do drone de maneira diferente, como mostra a Figura 4.



Fonte: Zulu (2014)

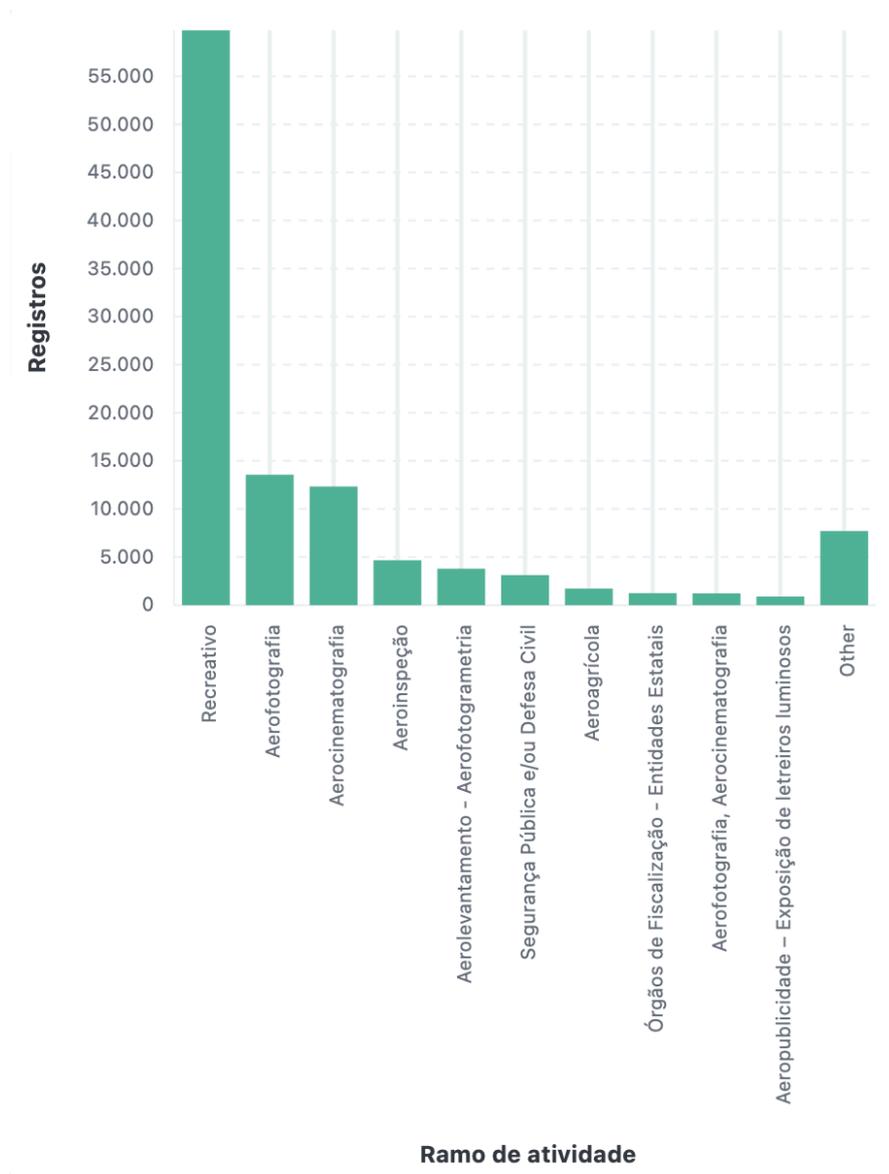
A importância desse ajuste está relacionada à estabilidade e ao desempenho do drone

durante o voo. Um PID mal configurado pode resultar em oscilações excessivas, respostas lentas ou instabilidade, comprometendo a qualidade das imagens capturadas e, em casos extremos, causando acidentes.

2.6 Análise do mercado brasileiro

Segundo a ANAC (2017), o número de drones cadastrados no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) ultrapassa 100 mil aeronaves, como apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Número de ARPs cadastrados no SISANT



Fonte: Anac (2017)

“O Brasil é, hoje, o principal mercado de drones da América do Sul e o segundo mais relevante das Américas, ficando atrás apenas dos EUA, com faturamento anual de US\$ 373 milhões (R\$ 1,872 bilhão)”, como reporta Reis (2023), CEO do ITARC – empresa que atua com cursos de drones.

2.7 Aspectos legais e regulatórios do uso de drones em produções audiovisuais

O uso de drones em produções audiovisuais apresenta desafios e responsabilidades legais e regulatórias que precisam ser considerados. As autoridades governamentais em todo o mundo têm implementado diretrizes específicas para garantir a segurança, a privacidade e a conformidade durante as operações com drones.

A ANAC é o órgão responsável por regulamentar o uso de drones em território nacional. O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial número 94 (RBAC-E94), apresentado no Anexo A, estabelece os requisitos e as restrições para a operação de drones, incluindo a necessidade de registro junto ao Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT), obtenção de autorização para voos acima de determinadas altitudes e distâncias, além de seguir as regras de segurança estabelecidas.

Além das regulamentações da ANAC, é importante considerar as leis de privacidade e proteção de dados durante as filmagens com drones. É necessário obter consentimento explícito para capturar imagens de pessoas ou propriedades privadas e garantir que a filmagem esteja em conformidade com as leis de proteção de privacidade. Também é essencial considerar a segurança operacional ao utilizar drones em produções audiovisuais. Isso inclui a avaliação das condições meteorológicas, a realização de inspeções regulares nos equipamentos, a certificação e o treinamento adequado dos pilotos, bem como a escolha de áreas de voo apropriadas, evitando locais restritos ou perigosos.

A conformidade com as regulamentações e diretrizes é crucial para garantir a segurança tanto da equipe envolvida na produção audiovisual quanto do público em geral. Além disso, a obediência às regras estabelecidas contribui para a profissionalização do setor e a construção de uma reputação positiva para as empresas envolvidas.

2.8 Aspectos emocionais e narrativos das imagens capturadas por drones

O uso de drones em produções audiovisuais tem proporcionado uma nova perspectiva narrativa e emocional por meio das imagens capturadas. A capacidade de voar e filmar de ângulos elevados oferecidos pelos drones tem transformado a forma como as histórias são contadas, criando uma experiência imersiva e envolvente para o público (BAUER, 2017).

As imagens aéreas capturadas por drones permitem aos cineastas explorar diferentes possibilidades narrativas. Essas cenas oferecem uma visão panorâmica do cenário, ampliando a compreensão do público sobre o ambiente e a relação entre personagens. A perspectiva aérea permite uma visualização ampla da ação, destacando a escala, o movimento e a coreografia de forma impactante.

Além disso, as imagens aéreas capturadas por drones têm o poder de evocar emoções intensas nos espectadores. A sensação de liberdade, grandiosidade e imersão que essas cenas proporcionam pode criar uma conexão emocional mais profunda com a narrativa. O público se sente transportado para o ambiente representado e experimenta uma sensação de participação ativa na história.

Um exemplo notável do impacto emocional e narrativo das imagens capturadas por drones pode ser visto no filme "*The Revenant*", dirigido por Iñárritu (2015). As cenas aéreas amplas e majestosas foram usadas para retratar a vastidão e a brutalidade da natureza, transmitindo uma sensação de perigo e desafio enfrentados pelos personagens.

As imagens aéreas também têm sido utilizadas em comerciais e videoclipes para criar um impacto visual marcante. A perspectiva aérea possibilita a criação de sequências dinâmicas e esteticamente atraentes, resultando em um forte apelo emocional junto ao público-alvo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento foi abordada a gravação de cenas de um comercial da Vivo utilizando drones FPV, destacando o impacto dos conhecimentos adquiridos na formação em Engenharia de Controle e Automação, no desenvolvimento do projeto.

3.1 Estudo de caso: Produção Audiovisual de Propaganda VIVO

O trabalho de produção audiovisual para a Vivo surgiu de uma demanda de demonstrar a impressionante conectividade da empresa em acessar locais remotos e afastados das grandes cidades no nordeste do país. Através do uso estratégico de drones FPV, o comercial transporta o espectador para cenários deslumbrantes, como praias isoladas e morros imponentes, onde a Vivo demonstra sua qualidade de conexão mesmo em ambientes desafiadores. A escolha do drone foi um passo fundamental para garantir a captura de imagens de alta qualidade e a transmissão em tempo real.

A primeira etapa consistiu no planejamento minucioso das cenas, levando em consideração os locais e cenários que melhor representariam a ideia de conexão em ambientes desafiadores. A equipe de produção trabalhou em estreita colaboração com especialistas em drones FPV para definir os movimentos e trajetórias que seriam capturadas pelas câmeras.

A segunda etapa consistiu na avaliação das especificações técnicas da câmera a ser utilizada, levando em consideração fatores como resolução, taxa de quadros, qualidade de imagem e capacidade de estabilização. A demanda para o projeto era clara: a câmera precisava ter a capacidade de gravar em resolução 4K a 30 quadros por segundo, ao mesmo tempo em que se encaixasse no orçamento da produção. Nesse contexto, a escolha das câmeras GoPro HERO8 Black e GoPro HERO6 Black foi uma decisão acertada. Ambas as câmeras são amplamente reconhecidas e utilizadas na indústria cinematográfica e audiovisual devido às suas características e desempenho excepcionais. Além disso, as câmeras GoPro HERO8 Black e GoPro HERO6 Black são opções acessíveis, permitindo que o projeto se mantenha dentro do orçamento estabelecido. Com base nessas informações, foi possível determinar as características necessárias dos drones para suportar as câmeras e realizar os movimentos da etapa anterior.

Para a gravação, foram selecionados dois tipos de drones: um equipado com hélices de

5 polegadas e outro com hélices de 2,5 polegadas. O drone de 5 polegadas foi escolhido devido à sua capacidade de proporcionar velocidade, agilidade e realizar movimentos dinâmicos durante as filmagens com a GoPro HERO8 Black.

Já o drone de 2,5 polegadas foi preferido devido ao seu tamanho e peso reduzidos, o que permitiu sua fácil manobrabilidade e a capacidade de voar através de espaços estreitos, como os galhos de uma árvore. Nesse caso, foi possível utilizar uma câmera GoPro HERO6 Black "*naked*", ou seja, sem a caixa de proteção, para reduzir ainda mais o peso e aumentar a agilidade do drone. Essa configuração permitiu capturar imagens únicas e em ângulos diferenciados, explorando os detalhes do ambiente de forma criativa e imersiva.

3.1.1 Requisitos do projeto

O peso da GoPro HERO8 Black é de aproximadamente 126 gramas, o que representa a carga útil a ser transportada por um dos drones selecionados para o projeto. É essencial levar em consideração esse peso ao escolher o drone, garantindo que a aeronave tenha a capacidade de suportar com segurança essa carga adicional. O equilíbrio e a distribuição do peso também são importantes para manter a estabilidade e o controle durante o voo, garantindo a qualidade das imagens capturadas.

Já a GoPro HERO6 Naked tem um peso aproximado de 17 gramas, sendo uma versão sem a estrutura de proteção e suportes adicionais. Essa característica de peso reduzido é vantajosa para a utilização da câmera em um drone FPV, pois possibilita que o drone seja compacto e ágil, respondendo de forma adequada aos comandos e às especificações iniciais do projeto.

Além das demandas de carga, a velocidade e agilidade foram fatores determinantes na seleção do conjunto motopropulsor e dos sistemas a serem incorporados ao drone. Além disso, a autonomia do voo, que deveria variar entre 3 e 10 minutos, também foi considerada durante o processo de seleção e design.

O sistema embarcado foi cuidadosamente escolhido para resistir a impactos e acidentes, garantindo sua estabilidade e funcionamento adequado, assim como toda a estrutura a ser utilizada para a montagem. Além disso, foram realizados testes rigorosos para avaliar a capacidade do sistema embarcado em lidar com situações adversas.

3.1.2 Dimensionamento da plataforma

O dimensionamento do conjunto motopropulsor de um drone envolve a seleção adequada dos motores, hélices e baterias para garantir o desempenho desejado da aeronave. Foi necessário considerar fatores como o peso total do drone, a carga útil a ser transportada, a velocidade desejada, a autonomia de voo e a estabilidade durante as operações. O dimensionamento correto do conjunto motopropulsor envolveu a análise de diversos parâmetros, como empuxo, consumo de energia, eficiência, resistência ao vento e equilíbrio do sistema. Com base nessas informações, foi possível determinar a combinação ideal de motores, hélices e baterias que atendam aos requisitos específicos do drone em termos de desempenho, eficiência e segurança dos dois drones utilizados no projeto.

A escolha de uma hélice de 5 polegadas para o primeiro drone foi baseada em diversos fatores. Primeiramente, as hélices de 5 polegadas são amplamente utilizadas em drones de corrida, pois oferecem um equilíbrio entre desempenho, agilidade e eficiência. Essas hélices permitem que o drone atinja velocidades mais altas e realize manobras acrobáticas com facilidade. Além disso, hélices de 5 polegadas são mais estáveis em condições de vento, o que é essencial para a obtenção de imagens suaves e estáveis durante a gravação.

Os motores utilizados foram do tipo sem escova, ou *brushless*, que são conhecidos por sua alta eficiência. Isso significa que eles convertem uma maior proporção de energia elétrica em energia mecânica, resultando em um melhor desempenho e uma maior autonomia de voo para o drone. Além disso, esses motores têm uma vida útil mais longa e requerem menos manutenção em comparação com os motores escovados.

O termo "KV" em um motor *brushless* se refere à sua constante de velocidade. É uma medida que indica o número de Rotações Por Minuto (RPM) que o motor irá produzir por volt aplicado. Portanto, o KV de um motor *brushless* indica sua velocidade de rotação em relação à tensão fornecida pela bateria.

A marca Emax foi escolhida por ser uma marca reconhecida na indústria de drones e conhecida por produzir motores de alta qualidade desde 2010. O motor escolhido para o projeto foi o Emax ECOII-2306 de 1700KV, que é um motor *brushless* de alta qualidade. As especificações do motor estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações do motor Emax ECOII-2306 de 1700KV

Motor type	The voltage (V)	Propeller	current (A)	thrust (G)	power (W)	efficiency (G/W)	speed (RPM)
ECOII2306-1700KV	25.2	HQ 5*4. 3*3	2.7	300	68.04	4.41	13900
	25.2		5.2	500	131.04	3.82	17700
	25.2		8.5	700	214.20	3.27	21100
	25.2		26.8	1670	675.36	2.47	Max

Motor type	The voltage (V)	Propeller	current (A)	thrust (G)	power (W)	efficiency (G/W)	speed (RPM)
ECOII2306-1700KV	25.2	HQ 5*4. 8*3	2.8	300	70.56	4.25	14000
	25.2		5.5	500	138.60	3.61	17700
	25.2		8.2	700	206.64	3.39	21000
	25.2		29.4	1680	740.88	2.27	Max

Fonte: Emax (2020)

A escolha desse motor se baseou em vários motivos. Primeiramente, a sua configuração de 1700KV significa que ele é otimizado para fornecer uma combinação ideal de torque e velocidade para o drone, já que conta com empuxo máximo de 1.680 gramas. Isso garante uma resposta rápida aos comandos e uma ótima performance em termos de aceleração e velocidade máxima.

A tabela de especificações do motor também é utilizada no dimensionamento do ESC e da bateria, que deve fornecer energia. O ESC é selecionado com base no valor de corrente elétrica consumida pelo motor, medida em Amperes. Considerando o consumo máximo de corrente de 29,4A do motor, fica claro que um ESC de 35A é adequado para atender a essa demanda específica. Esse valor de corrente garante uma margem de segurança e permite que o ESC opere de forma eficiente e confiável na aplicação em questão.

A escolha da bateria para um drone é influenciada por dois principais fatores: capacidade e peso. A capacidade da bateria determina a quantidade de energia armazenada e a duração do voo, enquanto o tamanho da bateria afeta o espaço disponível para sua instalação no drone e o peso máximo de decolagem.

A capacidade da bateria é medida em mAh (miliampère-hora) e indica a quantidade de corrente que a bateria pode fornecer ao drone ao longo do tempo. Quanto maior a capacidade,

maior será a autonomia de voo do drone, permitindo voos mais longos antes de ser necessário recarregar ou trocar a bateria e menor será a velocidade e capacidade de fazer movimentos. Além disso, a voltagem da bateria também desempenha um papel importante. A maioria dos drones utiliza baterias de lítio-polímero (LiPo), que são conhecidas por sua alta densidade de energia e capacidade de descarga. Essas baterias geralmente têm uma voltagem nominal de 3,7V por célula, e a configuração em série ou paralelo das células determina a voltagem total da bateria. Foi selecionada a bateria 6S, de 22,2V e 1300mAh.

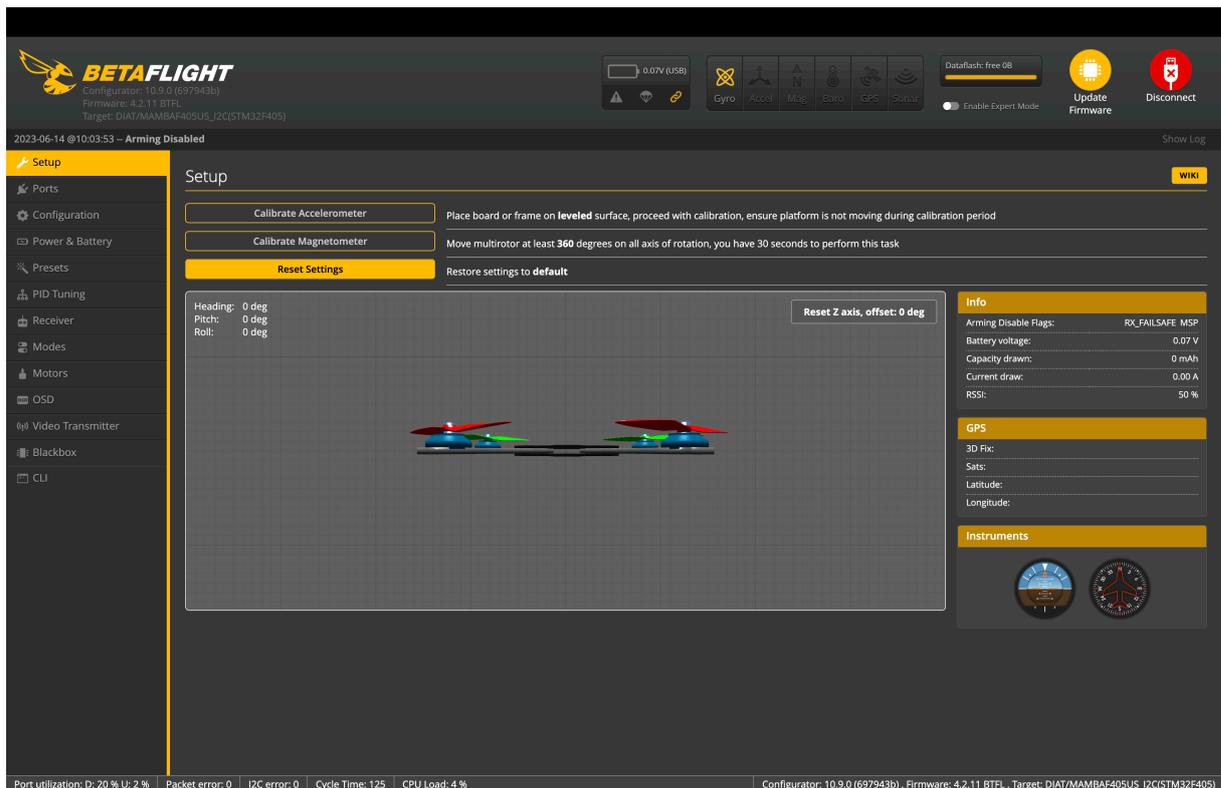
O segundo drone passou pelo mesmo processo de seleção de componentes e sistemas internos, porém em uma escala menor. Foram escolhidos componentes menores e de menor consumo de energia para atender às necessidades do drone de forma eficiente.

3.1.3 Sistemas embarcados no projeto

As controladoras de voo compatíveis com o Betaflight, especialmente aquelas equipadas com processadores F4, são amplamente adotadas como a escolha predominante para o controle de drones. Um processador F4 refere-se à uma linha de processadores da família ARM Cortex-M4, que é amplamente utilizada em dispositivos eletrônicos. Esses processadores possuem uma arquitetura de 32 bits.

O Betaflight é um firmware de controle de voo desenvolvido especialmente para drones de corrida e FPV. Ele é um software de código aberto e altamente customizável, amplamente utilizado na comunidade de drones devido às suas capacidades avançadas e recursos específicos para aprimorar o desempenho e a experiência de voo. A Figura 6 apresenta a interface gráfica do Betaflight.

Figura 6 - Interface do programa Betaflight



Fonte: O autor (2023)

Algumas das funções mais importantes do Betaflight incluem:

- Estabilização de voo: O Betaflight possui algoritmos de controle que ajudam a estabilizar o drone durante o voo, mantendo-o nivelado e controlado mesmo em condições adversas.
- Ajuste PID: O firmware permite o ajuste dos parâmetros PID que são responsáveis pelo controle de estabilidade e resposta do drone. Esses ajustes permitem aos pilotos otimizar o desempenho do drone de acordo com suas preferências e estilo de voo.
- Modos de voo: O Betaflight oferece diferentes modos de voo, como o modo Acro (acrobático) e o modo Angle (ângulo). O modo Acro é utilizado para pilotos mais experientes, que desejam controle total sobre o drone, enquanto o modo Angle é ideal para iniciantes, proporcionando um voo mais estável e limitando os ângulos de inclinação.
- Configuração de telemetria: O firmware permite a configuração de telemetria, que fornece informações em tempo real sobre a voltagem da bateria, a altitude, a velocidade e outros dados importantes durante o voo. Isso ajuda os pilotos a monitorar

o status do drone e tomar decisões informadas durante as operações.

- Filtros de controle: O Betaflight possui filtros de controle configuráveis, que ajudam a suavizar e filtrar as oscilações indesejadas do drone. Isso resulta em um voo mais suave e estável, melhorando a qualidade das imagens capturadas pela câmera.
- Configuração de periféricos: O Betaflight permite a configuração de uma variedade de periféricos, como receptores de rádio, sistemas de transmissão de vídeo, sistemas de iluminação e outros acessórios. Isso garante uma integração perfeita desses componentes com o firmware, facilitando o controle e a operação do drone.

Sua compatibilidade com controladoras equipadas com processadores F4, que possuem maior capacidade de processamento e velocidade de cálculo, permite um controle mais preciso e responsivo do drone, portanto foi escolhida a controladora Omnibus F4 pro, da marca Airbot.

Além da controladora de voo, foram implementados transmissores de radiofrequência e uma câmera para estabelecer a comunicação entre o piloto e a aeronave. A integração desses dois sistemas permite uma comunicação bidirecional essencial para o controle preciso e em tempo real do drone durante o voo. O transmissor de radiofrequência possibilita o envio de comandos e instruções do piloto para o drone, garantindo que as ações desejadas sejam executadas pela aeronave. Esse sistema de comunicação assegura que o piloto tenha total controle sobre o voo, permitindo manobras precisas e respostas rápidas às suas ações. A câmera, por sua vez, transmite a imagem em tempo real para o piloto, que é o que proporciona a visão em primeira pessoa. Essa transmissão de vídeo permite ao piloto ter uma perspectiva imersiva do voo, facilitando a navegação e auxiliando na tomada de decisões durante o voo.

O sistema escolhido para a transmissão de comandos foi o módulo Crossfire, operando na frequência de 915MHz. Esse sistema é conhecido por sua capacidade de proporcionar uma comunicação confiável e estável, especialmente em locais remotos.

Desenvolvido pela marca chinesa TBS (*Team BlackSheep*), o módulo Crossfire utiliza tecnologia avançada de transmissão de rádio. Essa tecnologia garante uma comunicação robusta e de baixa latência entre o controle remoto e o drone, permitindo uma resposta rápida e precisa aos comandos do piloto. A escolha da frequência de 915MHz oferece uma série de vantagens. Primeiramente, essa frequência permite um alcance maior em comparação com frequências mais comuns, como 2.4GHz. Isso é especialmente importante ao operar em locais

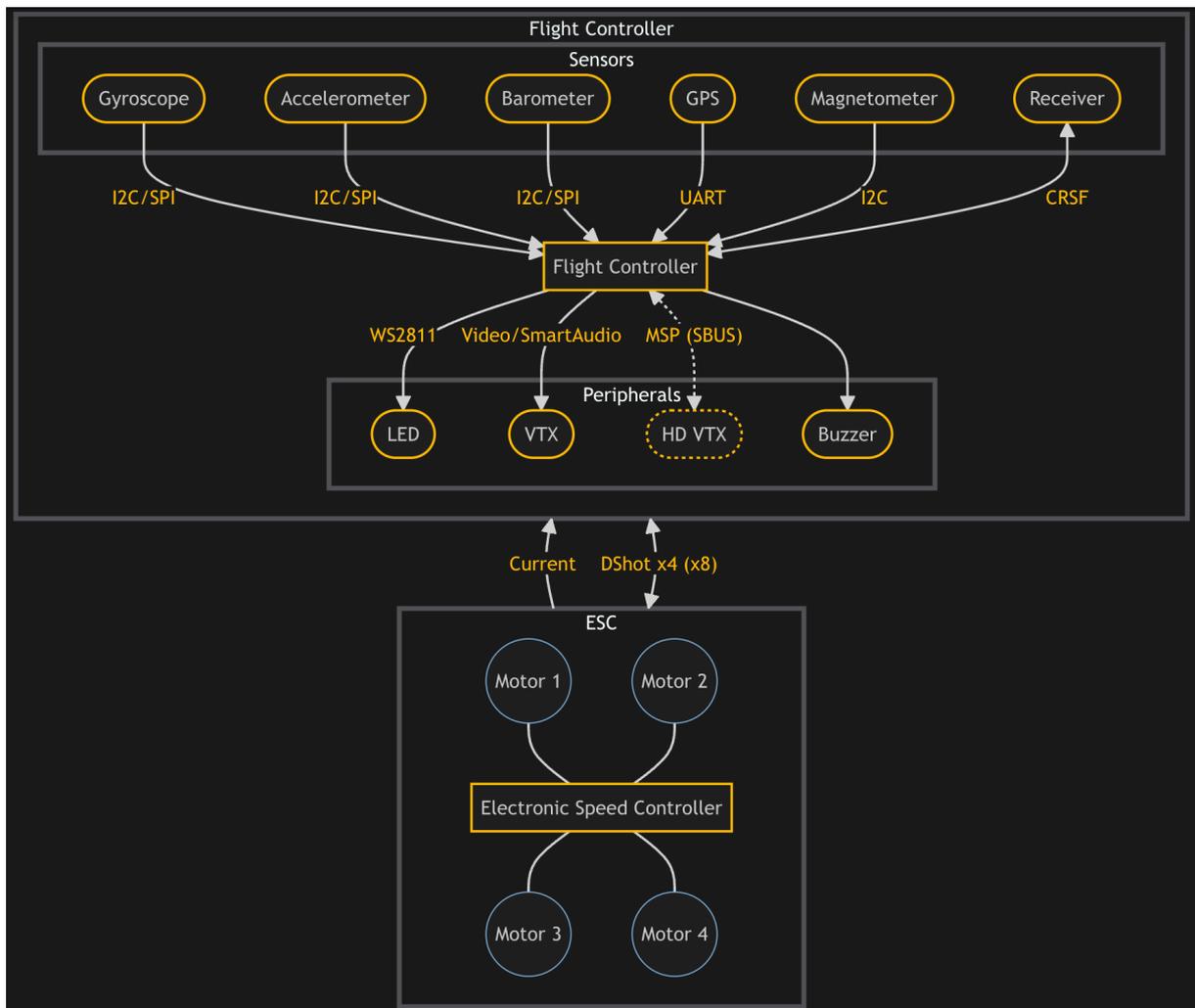
remotos, onde a interferência de sinal pode ser um desafio. Com o uso da frequência de 915MHz, é possível reduzir significativamente a interferência e manter uma conexão estável e confiável entre o controle remoto e o drone.

O transmissor de vídeo utilizado foi o módulo *TBS Unify Pro*, conhecido por sua qualidade de transmissão e alcance eficiente. Sua tecnologia avançada permite uma transmissão de sinal limpa e clara, minimizando possíveis interferências e artefatos visuais e opera em 5,8GHz. Além disso, o módulo oferece opções de ajuste de potência de transmissão, permitindo adaptar a potência do sinal de acordo com as necessidades da situação, equilibrando alcance e consumo de energia. Juntamente com o transmissor, foi utilizado um receptor de vídeo compatível, que foi integrado a um óculos *Fatshark*.

Ambos os sinais de rádio possuem telemetria. A telemetria de rádio se refere à capacidade de transmitir dados bidirecionais entre o drone e a estação de controle em solo, fornecendo informações em tempo real. Foram utilizados sistemas avançados que permitiam monitorar diversos parâmetros do drone, como a tensão da bateria, a altitude, a velocidade, a distância percorrida e até mesmo a temperatura. Esses dados foram transmitidos de forma contínua e em tempo real para a estação de controle, proporcionando ao piloto um retorno preciso sobre o estado do drone e permitindo a tomada de decisões rápidas e informadas durante as filmagens.

A telemetria de vídeo também foi importante para monitorar a estabilidade e o desempenho do sinal de vídeo. Isso permitiu identificar possíveis interferências ou perda de qualidade durante as filmagens, possibilitando ajustes e soluções rápidas para garantir uma transmissão de vídeo estável e sem interrupções. A Figura 7 representa a interação entre os diversos componentes e a controladora de voo embarcada no drone.

Figura 7 - Funcionamento de uma Controladora de Voo



Fonte: Betaflight (2023)

3.1.4 Ajuste de PID

O ajuste de PID foi realizado utilizando o PID Toolbox, um programa especialmente desenvolvido para análise e otimização dos parâmetros do controlador PID em sistemas de controle a partir do sistema MATLAB (PIDTOOLBOX, 2023). Essa ferramenta permite uma análise precisa dos dados de posição do drone, que são obtidos a partir dos comandos enviados pelo piloto. Com base nesses dados, o PID Toolbox realiza cálculos e ajustes iterativos dos parâmetros do controlador PID. O objetivo é minimizar os erros de posição e proporcionar uma resposta mais precisa e suave do drone aos comandos do piloto.

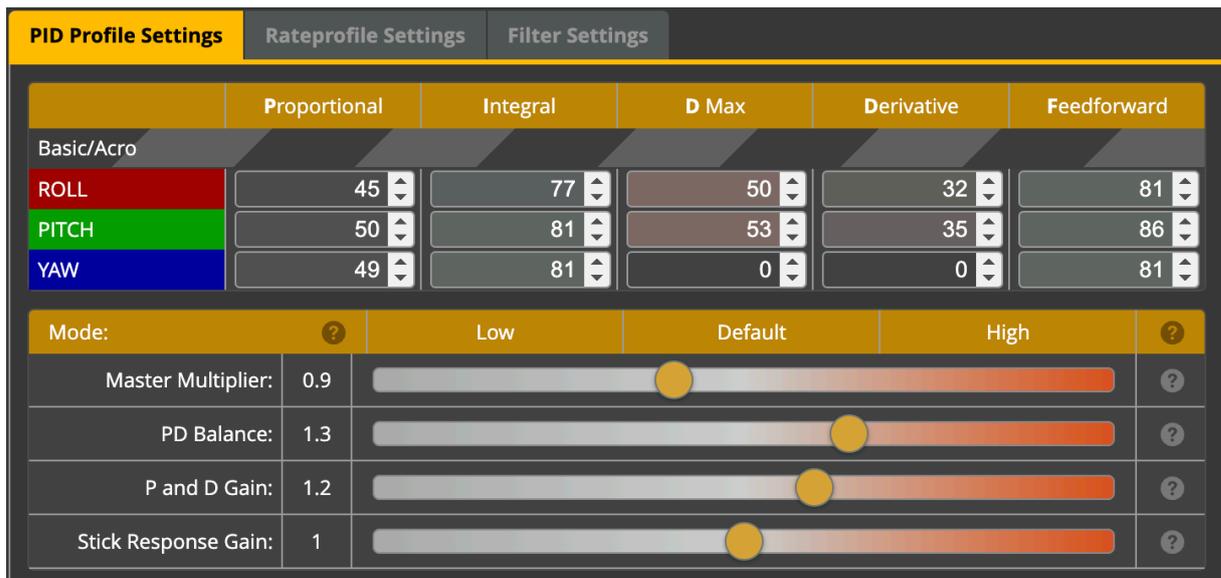
O PID Toolbox oferece uma interface intuitiva e amigável, que possibilita aos usuários definir os limites e restrições do sistema, além de monitorar e analisar os resultados do ajuste. Através de gráficos em tempo real, ferramentas estatísticas e visualização dos dados

coletados, os pilotos podem compreender o comportamento do sistema e realizar ajustes mais refinados nos parâmetros PID.

Os dados foram coletados por meio de voos experimentais, nos quais a aeronave foi movimentada em diferentes configurações. Durante esses voos, foram monitorados os parâmetros disponíveis no painel de configuração de PID do Betaflight. Foram realizados diversos voos, em diferentes configurações, a fim de encontrar a melhor resposta do sistema.

Durante esses voos experimentais, foram feitas alterações nos valores dos parâmetros PID, como ganhos proporcionais, integrais e derivativos, no painel de configuração do Betaflight, apresentado na Figura 8. Essas alterações permitiram observar como a aeronave respondia aos comandos do piloto em diferentes condições e ajustar os parâmetros para alcançar uma resposta otimizada.

Figura 8 - Parâmetros de PID no Betaflight

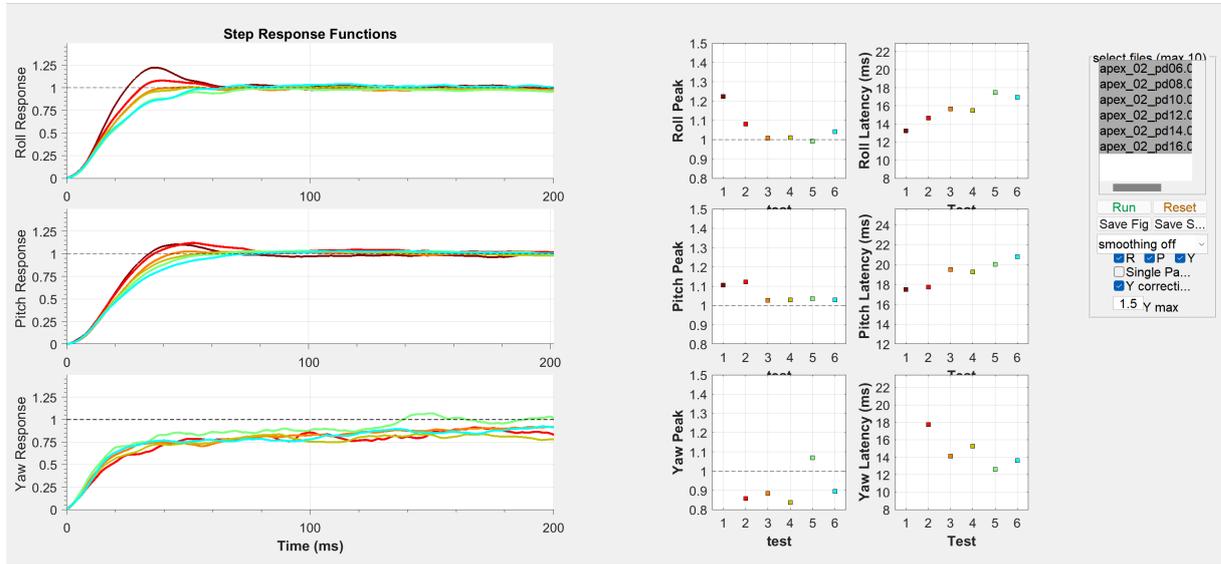


Fonte: O autor (2023)

A Figura 9 ilustra o gráfico da resposta ao degrau, uma medida empregada para avaliar o comportamento de um sistema frente a uma mudança abrupta ou degrau em sua entrada. Esse gráfico está relacionado às variações do comando PD Balance apresentado na Figura 8. Durante o experimento, o referido parâmetro foi modificado em incrementos de 0,2 pontos a cada voo, sendo cada valor representado por uma cor distinta no gráfico. Além disso, o gráfico destaca o pico da resposta, representando o valor máximo atingido em cada comando,

bem como a latência correspondente a cada um deles.

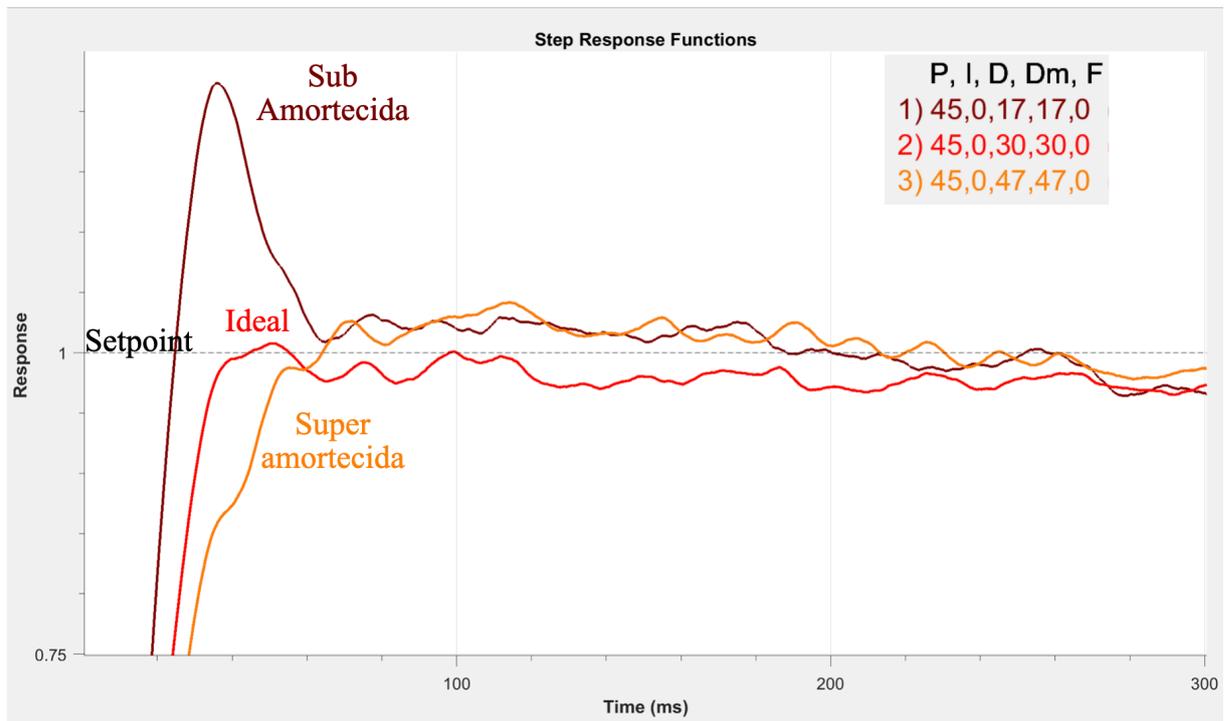
Figura 9 - Resposta ao degrau através do PID Toolbox



Fonte: O autor (2023)

Dessa forma, uma resposta ideal é aquela que não apresenta sobressinal, possui um tempo de subida rápido e um tempo de acomodação curto. A Figura 10 apresenta uma análise detalhada das diferenças entre uma resposta ideal, uma resposta sub amortecida e uma resposta super amortecida.

Figura 10 - Comparativo das respostas ao degrau



Fonte: O autor (2023)

3.1.5 Preparação e planejamento das cenas

Inicialmente, foi realizado um reconhecimento prévio do local de filmagem. Isso permitiu identificar os pontos de interesse, como o percurso do atleta, a árvore caída e o morro de argila, e planejar as melhores trajetórias e manobras do drone para capturar as cenas de forma dinâmica e impactante.

A área de voo selecionada para as filmagens foi cuidadosamente escolhida levando em consideração os requisitos aeronáuticos e as normas de segurança. Por se tratar de uma região mais isolada, o projeto aconteceu em uma zona de operação classificada como "área não controlada", afastada de aeroportos e outras áreas restritas. Essa escolha garantiu um ambiente livre de conflitos com o tráfego aéreo regular e permitiu a execução das manobras com os drones de forma segura e em conformidade com as regulamentações aeronáuticas. Além disso, a ampla visibilidade e a ausência de obstáculos na área de voo proporcionaram condições ideais para a realização das cenas, permitindo explorar todo o potencial das aeronaves.

O horário e as condições climáticas ideais para as filmagens também foi considerado para a execução do plano de filmagem, buscando aproveitar a luz natural e obter resultados

visuais mais atrativos. O planejamento detalhado também envolveu a definição das sequências de filmagem, o posicionamento da equipe de produção e a comunicação entre os membros envolvidos no projeto.

No que diz respeito à segurança, foram adotadas medidas para minimizar os riscos e garantir a integridade dos equipamentos e das pessoas envolvidas. Foram estabelecidas áreas de restrição para o voo dos drones, levando em consideração a presença de banhistas e outras possíveis interferências. Também foram designados membros da equipe para auxiliar na sinalização e no controle do acesso às áreas de filmagem, garantindo a segurança de todos os envolvidos.

Durante o dia de gravação, o planejamento prévio foi colocado em prática. A equipe trabalhou de forma coordenada, garantindo que as cenas fossem capturadas de acordo com o roteiro estabelecido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do projeto de filmagem com drones para a produção audiovisual foram altamente satisfatórios, com a obtenção de cenas dinâmicas e impactantes que transmitiram de forma eficaz a mensagem desejada. A utilização dos drones FPV permitiu capturar ângulos e perspectivas únicas, proporcionando uma experiência imersiva para os espectadores.

Todas as pesquisas de mercado foram extremamente importantes na seleção dos componentes ideais para o drone, levando em consideração critérios como resistência, desempenho e qualidade de imagem. Os resultados mostraram que os motores proporcionaram uma resposta ágil e estável durante as manobras, a implementação de um sistema de controle avançado permitiu uma configuração precisa e personalizada do drone e os ajustes nos parâmetros do PID garantiram uma resposta suave aos comandos do piloto, minimizando oscilações indesejadas durante o voo. Os drones selecionados são apresentados nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Drone de 5 polegadas



Fonte: O autor (2023)

Figura 12 - Drone de 2,5 polegadas

Fonte: O autor (2023)

As peças utilizadas na montagem de cada um deles são apresentadas na Tabela 2. Cada conjunto teve autonomia máxima de cinco minutos com suas respectivas câmeras embarcadas.

Tabela 2 - Peças utilizadas na montagem

Componente	Drone 5"	Drone 2,5"
Frame	ImpulseRC Apex	BetaFPV Beta95 X
Motores	Emax ECO II 2306 1700KV	RCInPower 1204 5000KV
Hélices	Ethix S5	HQProp 2,5"
ESCs	Racerstar REV35	Mamba AIO 15A
Controladora de Voo	Airbot Omnibus F4	Mamba AIO 15A
Câmera	Foxeer Predator V4	Runcam Racer 2
Transmissor de Vídeo	TBS Unify Pro	TBS Unify Nano
Receptor de rádio	TBS Crossfire nano	TBS Crossfire nano
Baterias	CNHL 6S 1300mAh	CNHL 4S 450mAh

Fonte: O autor (2023)

As gravações das cenas foram realizadas em duas localidades distintas: a Quinta Praia em Gamboa, Bahia e o parágrafo de argila, na mesma região. Cada uma dessas localidades oferecia características únicas que contribuíram para a produção de imagens impactantes e envolventes.

Na Quinta Praia, apresentada na Figura 13, o objetivo era transmitir a sensação de conectividade em locais remotos e afastados das grandes cidades do Nordeste do país. As vastas extensões de areia dourada, o mar cristalino e a atmosfera paradisíaca proporcionaram o cenário perfeito para destacar a capacidade da Vivo em oferecer serviços de alta qualidade em áreas remotas. A intenção era capturar a beleza natural da praia enquanto o drone sobrevoava a região, transmitindo a sensação de liberdade e expansão que a conectividade proporciona. Já o morro de argila, apresentado na Figura 14, ofereceu uma topografia desafiadora e ao mesmo tempo fascinante para o voo do drone.. A variedade de superfícies e altitudes ao longo do morro possibilitou explorar diferentes níveis de altitude e criar sequências dinâmicas e envolventes.

Figura 13 - Primeira localização



Fonte: O autor (2023)

Figura 14 - Segunda Área de Voo (Morro de Argila)

Fonte: O autor (2023)

Em ambos os locais, a falta de interferência de edifícios altos, torres de comunicação ou restrições aéreas permitiu um voo mais livre e desimpedido. Essas condições favoráveis contribuíram para a facilidade de controle e manobra do drone, além de possibilitarem a captura de imagens de alta qualidade.

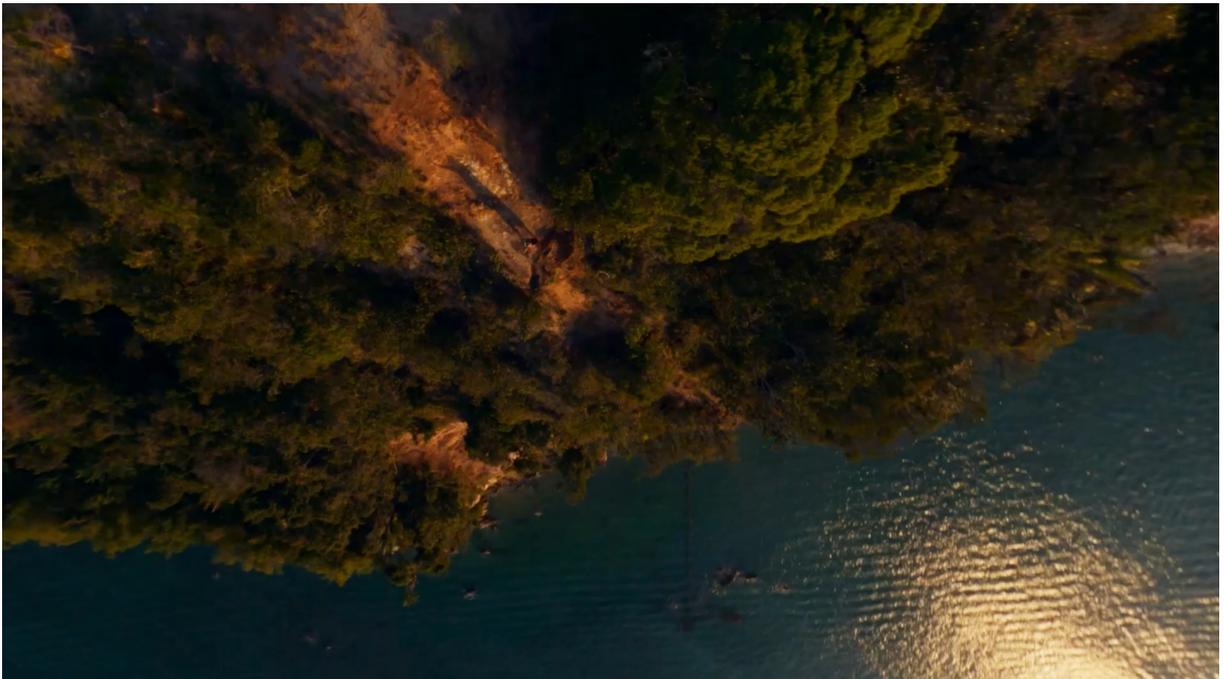
Nas figuras é possível ver que a distância máxima percorrida pelos drones foi de 130 metros a partir do ponto de decolagem. Manter uma distância controlada foi de extrema importância para garantir a segurança das pessoas presentes no local, bem como para evitar possíveis interferências com o espaço aéreo circundante. Foi possível ter uma boa margem de segurança, permitindo um voo responsável e evitando qualquer risco de colisão ou violação de regulamentações aeronáuticas. O sinal de controle de rádio possui alcance limitado e, ao manter-se dentro da distância estabelecida, foi possível garantir uma comunicação confiável e constante entre o piloto e o drone, assim como verificado nos testes antes da gravação.

Outro aspecto importante é que foi possível manter o drone dentro do campo de visão de toda a equipe. Isso é fundamental para manter a orientação visual do drone em relação ao

seu entorno, evitando colisões com obstáculos ou perdas de controle em caso de interferências externas.

Como forma de evidenciar a excelência do projeto, alguns quadros da gravação foram selecionados e incluídos nesta seção, nas Figuras 15, 16 e 17. Essas imagens destacam a qualidade da captura das cenas propostas no projeto da Vivo, demonstrando a eficiência e o sucesso do drone desenvolvido.

Figura 15 - Quadro da cena com a modelo no topo do morro de argila



Fonte: O autor (2023)

Figura 16 - Quadro da cena através dos galhos da árvore



Fonte: O autor (2023)

Figura 17 - Quadro da cena de encerramento do comercial



Fonte: O autor (2023)

Em síntese, os resultados alcançados neste trabalho mostram que o drone desenvolvido é robusto, seguro e eficiente para a produção das cenas propostas. Através da

seleção cuidadosa dos componentes, configuração precisa e testes rigorosos, foi possível obter um drone estável, confortável e capaz de capturar imagens de alta qualidade. Os resultados obtidos reforçam a viabilidade e a eficácia do drone como uma ferramenta importante para produções audiovisuais.

É importante ressaltar que este trabalho representa um avanço significativo no campo da tecnologia de drones e suas aplicações na produção cinematográfica. No entanto, novas pesquisas e aprimoramentos podem ser realizados para explorar ainda mais o potencial desse equipamento e aprimorar seus recursos.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresentou o desenvolvimento e drones FPV aplicados à produção audiovisual, descrevendo do projeto à filmagem de uma propaganda para a em empresa de telecomunicações Vivo. Através do estudo e configuração adequada, foi possível obter um drone estável e confortável para voar, atendendo aos requisitos necessários. Além disso, a inclusão dos quadros do projeto evidencia a execução bem-sucedida e a excelência na realização do projeto.

Essa conclusão é respaldada pelos resultados obtidos, que mostram que o drone foi capaz de realizar as tarefas propostas de forma satisfatória, alcançando estabilidade e eficiência durante os voos. Por meio das configurações adequadas dos componentes e parâmetros do drone, foi possível obter um desempenho consistente e confiável.

É importante ressaltar que os drones foram projetados e configurados levando em consideração os critérios de desempenho, como capacidade de carga e suavidade na filmagem, e também garantindo o cumprimento das normas da ANAC.

Em suma, o trabalho resultou na construção de dois drones eficientes e confiáveis, capazes de realizar as tarefas propostas no projeto da Vivo. Os resultados obtidos destacam a importância do desenvolvimento e configuração adequada de drones para a produção audiovisual e mostram a capacidade de execução do projeto com excelência.

Para o futuro, observa-se que os drones estão se tornando cada vez mais avançados e poderosos, apresentando a capacidade de transportar câmeras maiores e se tornando ainda mais robustos. Através deste trabalho, será possível explorar a possibilidade de desenvolver novos equipamentos, utilizando sensores inovadores, hélices de maior eficiência e aumentando o número de motores. Isso proporcionará a oportunidade de criar dispositivos aprimorados e mais avançados tecnologicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADALGEIRSSON, S. O.; BREAZEAL, C. **MeBot: a robotic platform for socially embodied presence**. In: Proceedings of the 5th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction. IEEE Press, 2010. p. 15-22.
- ALHUMAID, Khadija et al. **Predicting the Intention to Use Audio and Video Teaching Styles: An Empirical Study with PLS-SEM and Machine Learning Models**. 2022.
- ALTA X. **FreeFly Systems**, 2022. Disponível em: <https://freeflysystems.com/alta-x>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- ANDERSON, Chris. **The Complete Guide to Drones: Choose, Build, Program & Fly**. San Francisco: Maker Media, 2016.
- BAUER, A. **Drone Filmmaking: A Practical Guide to the Unique Art of Aerial Cinematography**. New York, NY: Focal Press, 2017.
- CASE V2 for Naked Camera. **Beta FPV**, 2020. Disponível em: https://betafpv.com/products/case-v2-for-naked-camera?_pos=1&_sid=3a3c21d77&_ss=r. Acesso em: 08 mar. 2023.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Portal da Indústria, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- COFER, Eric. **Small Unmanned Aircraft Systems Guide: Exploring Designs, Operations, Regulations, and Economics**. CRC Press, 2016.
- DRONES. **ANAC**, 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- DJI Goggles 2. **DJI**, 2022. Disponível em: <https://www.dji.com/br/goggles-2>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- EMAX ECO II Series 2306 1700KV 1900KV 2400KV Brushless Motor for RC Drone FPV Racing. **Emax Model**, 2020. Disponível em: <https://emaxmodel.com/products/emax-eco-ii-series-2306-1700kv-1900kv-2400kv-brushless-motor-for-rc-drone-fpv-racing>. Acesso em 14 jun. 2023.
- FINN, A.; SCHEDING, S. **Developments and challenges for autonomous unmanned vehicles**. In: Intelligent Systems Reference Library, vol. 3, p. 128-154, 2010.
- FU, K. S. et al. **Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence**. McGraw-Hill Education, 2016.
- HERO 8 Black. **GoPro**, 2020. Disponível em: <https://gopro.com/pt/pt/shop/cameras/hero8-black/CHDHX-801-master.html>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- INTRODUCTION to Betaflight. **Betaflight**, 2023. Disponível em: <https://betaflight.com/docs/wiki/getting-started/introduction>. Acesso em 14 jun. 2023.
- KARDASZ, P. et al. **Drones and Possibilities of Their Using**. *J Civil Environ Eng*, vol. 6, 233, 2016. DOI: 10.4172/2165-784X.1000233.
- LEISHMAN, J. Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge University Press, 2006.

- LIN, F. et al. **A Robust Real-Time Embedded Vision System on an Unmanned Rotorcraft for Ground Target Following**. In: IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 2, p. 1038-1049, Feb. 2012. DOI: 10.1109/TIE.2011.2161248.
- MALTA, Ricardo Scott Varella. **O drone na indústria 4.0**. Instituto Minere, 2019. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/o-drone-na-industria-4-0>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- MELLINGER, Daniel; KUMAR, Vijay. **Robot Modeling and Control**. Wiley, 2019.
- MONTENEGRO, Bruna. **Mercado audiovisual: o que você precisa saber**. EBAC, 2023. Disponível em: <https://ebaonline.com.br/blog/o-mercado-audiovisual-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em 06 mar. 2023.
- NISE, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. 6ª ed. LTC, 2011.
- PIDTOOLBOX. **PID Toolbox**, 2023. Disponível em: <https://github.com/bw1129/PIDtoolbox>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- REIS, Felipe Calixto. **Brasil é o principal mercado de drones das Américas Latina**. ITARC, 2023. Disponível em: <https://itarc.org/>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- REQUISITOS Gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em 08 mar. 2023.
- SOUZA, Fábio. **O que são Sistemas Embarcados?**. Embarcados, 2023. Disponível em: <https://embarcados.com.br/o-que-sao-sistemas-embarcados/>. Acesso em 08 mar. 2023.
- TEZZA, D.; CAPRIO, D.; LAESKER, D.; ANDUJAR, M. **Let's Fly! An Analysis of Flying FPV Drones Through an Online Survey**. In: iHDI@CHI, 2020.
- THE REVENANT. Direção: Alejandro González Iñárritu. Produção de Anonymous Content, New Regency Pictures. Estados Unidos: 20th Century Fox, 2015.
- TICE, Brian P. **Unmanned Aerial Vehicles**. Airpower Journal, 1991. Disponível em: <http://archive.is/7Jk1F#selection-13.0-13.16>. Acesso em 06 mar. 2023.
- TIPOS de Drones. **Hispa Drones**, 2019. Disponível em: <https://www.hispadrones.com/principiantes/aprendizaje-consejos/tipos-de-drones/>. Acesso em 08 mar. 2023.

ANEXO A - REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL ESPECIAL (RBAC-E 94)

Descrição: A norma RBAC E94 é uma regulamentação que estabelece os requisitos de segurança operacional para a utilização de drones no espaço aéreo brasileiro. Essa norma tem como objetivo garantir a segurança das operações com drones, proteger pessoas e propriedades, além de preservar a integridade do espaço aéreo. Ela estabelece diretrizes e procedimentos que devem ser seguidos pelos operadores de drones para evitar acidentes e incidentes (ANAC, 2023).

Título:	Requisitos Gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil
Aprovação:	Resolução nº 419, de 02.05.2017 - Emenda nº 00 Resolução nº 622, de 01.06.2021 - Emenda nº 01 Resolução nº 649, de 30.11.2021 - Emenda nº 02 Resolução nº 710, de 31.03.2023 - Emenda nº 03
Origem:	Superintendência de Aeronavegabilidade - SAR Superintendência de Padrões Operacionais - SPO
Data de emissão:	03.04.2023
Data de vigência:	02.05.2023

SUMÁRIO

PREÂMBULO

Subparte A – Geral

- E94.1 Aplicabilidade
- E94.3 Definições
- E94.5 Classificação do RPAS e da RPA
- E94.7 Responsabilidade e autoridade do piloto remoto em comando
- E94.9 Requisitos para piloto remoto e observador
- E94.11 Aeronavegabilidade civil
- E94.13 [Reservado]
- E94.15 Uso de substâncias psicoativas
- E94.17 Descumprimento às regras estabelecidas
- E94.19 Porte de documentos

Subparte B – REGRAS DE VOO

- E94.101 Aplicabilidade
- E94.103 Regras gerais para a operação de aeronaves não tripuladas
- E94.105 Atribuições de pré-voos
- E94.107 Posto de trabalho do piloto remoto
- E94.109 Requisitos de autonomia
- E94.111 Áreas de pousos e decolagens para aeronaves não tripuladas
- E94.113 Limitações operacionais para RPA com CAVE
- E94.115 Operações internacionais

Subparte C – [reservada]

Subparte D – Registro e marcas

- E94.301 Registro e cadastro

E94.303 Marcas de identificação, de nacionalidade e de matrícula

Subparte E – AUTORIZAÇÃO DE PROJETO DE RPAS

E94.401 Autorização do projeto do RPAS

E94.403 Determinação dos requisitos aplicáveis para autorização do projeto do RPAS

E94.405 Projeto do RPAS – Geral

E94.407 Projeto do RPAS para operações BVLOS

E94.409 Projeto de RPAS Classe 2

E94.411 Projeto de RPAS Classe 1

E94.413 Modificações do projeto

Subparte F – CERTIFICADOS DE AERONAVEGABILIDADE PARA RPA

E94.501 Disposições gerais

E94.503 Emissão de CAVE e AEV para RPA

E94.505 Emissão de Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA Classe 2 ou 3

E94.507 Emissão de Certificado de Aeronavegabilidade para RPA Classe 1

E94.509 Validade

Subparte G – AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA DE RPAS

E94.601 Disposições gerais

E94.603 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 1

E94.605 Manutenção requerida para RPAS Classe 1

E94.607 Operação após manutenção, manutenção preventiva, reconstrução ou alterações de RPAS Classe 1

E94.609 Inspeções de RPAS Classe 1

E94.611 Equipamentos de testes e inspeções em sistema de altímetro e em equipamento automático de informação de altitude (Modo C) de RPAS Classe 1

E94.613 Testes e inspeções do transponder de RPAS Classe 1

E94.615 Registros de manutenção de RPAS Classe 1

E94.617 Transferência de registros de manutenção de RPAS Classe 1

E94.619 Pesagem e balanceamento de RPA Classe 1

E94.621 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 2

E94.623 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 3 BVLOS

Subparte H – DISPOSIÇÕES FINAIS

E94.701 Contravenções

PREÂMBULO

Este Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E aborda os requisitos gerais de competência da ANAC para aeronaves não tripuladas. Por natureza, um RBAC-E possui a finalidade de regular matéria exclusivamente técnica que possa afetar a segurança da aviação civil, com vigência limitada no tempo e restrita a um número razoável de requisitos e pessoas, até que os requisitos contidos nos mesmos sejam incorporados em RBAC apropriado ou definitivamente revogados. Este Regulamento Especial estabelece as condições para a operação de aeronaves não tripuladas no Brasil considerando o atual estágio do desenvolvimento desta tecnologia. Objetiva-se promover um desenvolvimento sustentável e seguro para o setor e, assim, algumas restrições operacionais – notadamente sobre as áreas não distantes de terceiros – foram julgadas como necessárias neste momento. É esperado que a experiência obtida na prática nos próximos anos resulte em um maior conhecimento e superação dos desafios para uma ampla integração desta classe de aeronaves no sistema de aviação civil. Adicionalmente, devem ser observadas as regulamentações de outros entes da administração pública direta e indireta, tais como a Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA e o Ministério da Defesa, assim como as legislações referentes às responsabilizações nas esferas civil, administrativa e penal que

podem incidir sobre o uso de aeronave não tripulada, com destaque àquelas disposições referentes à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas.

Subparte A

Geral

E94.1 Aplicabilidade

(a) Este Regulamento Especial se aplica a aeronaves não tripuladas de uso civil (doravante denominadas apenas de aeronaves não tripuladas) capazes de sustentar-se e/ou circular no espaço aéreo mediante reações aerodinâmicas, nas seguintes condições:

- (1) se possuírem certidão de cadastro, certificado de matrícula brasileiro ou certificado de marca experimental, emitidos pela ANAC; ou
- (2) se operarem em território brasileiro.

(b) As regras estabelecidas no RBHA 91, ou RBAC que vier a substituí-lo, e nos RBAC nº 21, 43, 45, 61 e na Resolução nº 293/2013, não se aplicam às aeronaves não tripuladas, salvo disposição contrária expressa neste Regulamento Especial.

E94.3 Definições

(a) Para os propósitos deste Regulamento Especial são válidas as definições abaixo:

- (1) *aeromodelo* significa toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação;
- (2) *Aeronave Remotamente Pilotada (Remotely-Piloted Aircraft – RPA)* significa a aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação;
- (3) *área distante de terceiros* significa área, determinada pelo operador, considerada a partir de certa distância horizontal da aeronave não tripulada em operação, na qual pessoas não envolvidas e não anuentes no solo não estão submetidas a risco inaceitável à segurança. Em nenhuma hipótese a distância da aeronave não tripulada poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes na eventualidade de um acidente;

Nota: O limite de 30m, neste caso, é critério para a aplicação das regras da ANAC. O acesso ao espaço aéreo é de competência do DECEA, o qual poderá estabelecer limites inferiores de maior magnitude.

- (4) *Estação de Pilotagem Remota (Remote Pilot Station – RPS)* significa o componente do RPAS contendo os equipamentos necessários à pilotagem da RPA;
- (5) *observador de RPA* significa pessoa que, sem o auxílio de equipamentos ou lentes (exceto as corretivas), auxilia o piloto remoto na condução segura do voo, mantendo contato visual direto com a RPA;
- (6) *Operação Além da Linha de Visada Visual (Beyond Visual Line of Sight – BVLOS operation)* significa a operação que não atenda às condições VLOS ou EVLOS;
- (7) *operação autônoma* significa a operação normal de uma aeronave não tripulada durante a qual não é possível a intervenção do piloto remoto no voo ou parte dele;
- (8) *Operação em Linha de Visada Visual (Visual Line of Sight – VLOS operation)* significa a operação em condições meteorológicas visuais (VMC), na qual o piloto, sem o auxílio de observadores de RPA, mantém o contato visual direto (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos) com a aeronave remotamente pilotada, de modo a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos;
- (9) *Operação em Linha de Visada Visual Estendida (Extended Visual Line of Sight – EVLOS operation)* significa a operação em VMC, na qual o piloto remoto, sem auxílio de lentes ou outros equipamentos, não é capaz de manter o contato visual direto com a RPA, necessitando dessa forma do auxílio de observadores de RPA para conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos, seguindo as mesmas regras de uma operação VLOS.;
- (10) *operação remotamente pilotada* significa a operação normal de uma aeronave não tripulada durante a qual é possível a intervenção do piloto remoto em qualquer fase do voo, sendo admitida a possibilidade de voo autônomo somente em casos de falha do enlace de comando e controle, sendo obrigatória a presença constante do piloto remoto, mesmo no caso da referida falha do enlace de comando e controle;
- (11) *pessoa anuente* significa uma pessoa cuja presença não é indispensável para que ocorra uma operação de aeronave não tripulada bem sucedida, mas que por vontade própria e por sua conta e risco concorde, expressamente, que uma aeronave não tripulada opere perto de sua própria pessoa ou de seus tutelados legais sem observar os critérios das áreas distantes de terceiros;

Nota: Considerando o princípio da autonomia e que o cidadão tem o direito de assumir e administrar o próprio risco quando somente ele ou seus tutelados legais (no caso de menores de idade) estarão expostos, a ANAC permite a operação de

aeronaves não tripuladas perto de pessoas sem observar os critérios das áreas distantes de terceiros, **desde que essas pessoas tenham dado expressamente a sua anuência, manifestando dessa forma a sua vontade**. Contudo, a ANAC esclarece àqueles que livremente optarem por dar essa anuência que não é possível garantir um nível de risco aceitável de segurança operacional e que o controle da exposição a esse risco é de sua inteira responsabilidade.

(12) *pessoa envolvida* significa uma pessoa cuja presença é indispensável para que ocorra uma operação de aeronave não tripulada bem sucedida;

(13) *piloto remoto* é a pessoa que manipula os controles de voo de uma aeronave não tripulada; e

(14) *Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (Remotely-Piloted Aircraft System – RPAS)* significa a RPA, sua(s) RPS, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente, como especificado no seu projeto.

E94.5 Classificação do RPAS e da RPA

(a) O RPAS e a RPA são classificados de acordo com o peso máximo de decolagem (PMD) da RPA da seguinte maneira:

(1) Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;

(2) Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e

(3) Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

(b) Os RPAS durante a aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas são classificados para fins deste regulamento como Classe 3, independentemente do peso máximo de decolagem da RPA, desde que operando VLOS ou EVLOS e até 400 pés AGL.

(1) Adicionalmente, os operadores e os fabricantes devem informar à ANAC qualquer caso de possível saída da área de voo autorizado.

(2) Para tais operações aplica-se o RBAC-E 94.701(a)(2) independentemente do peso da RPA.

(3) Para tais operações não se aplica o RBAC-E 94.103(d) e o RBAC-E 94.701(a)(2)(ii).

[\(Incluído pela Resolução nº 710, de 31.03.2023\)](#)

Nota: a unidade de medida considerada para o rótulo "peso máximo de decolagem" é a de massa (kg), em razão do uso já consagrado pela comunidade aeronáutica, que rotula de "peso" o que tecnicamente se refere a "massa".

E94.7 Responsabilidade e autoridade do piloto remoto em comando

O piloto remoto em comando de uma aeronave não tripulada é diretamente responsável pela condução segura da aeronave, pelas consequências advindas, e tem a autoridade final por sua operação.

E94.9 Requisitos para piloto remoto e observador

(a) Todos os pilotos remotos e observadores de RPA devem ser maiores de 18 anos.

(b) Todos os pilotos remotos de RPA Classe 1 ou 2 devem possuir um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 1ª, 2ª ou 5ª Classe válido, conforme o parágrafo 67.13(g) do RBAC nº 67, ou um CMA de 3ª Classe válido emitido pelo Comando da Aeronáutica segundo a ICA 63-15.

(c) Todos os pilotos remotos que atuarem em operações acima de 400 pés acima do nível do solo (*Above Ground Level – AGL*), ou que atuarem em operações de RPAS Classe 1 ou 2, devem possuir licença e habilitação emitida ou validada pela ANAC. A ANAC determinará, para cada tipo de operação, os critérios aceitáveis para a emissão da licença e habilitação apropriadas.

E94.11 Aeronavegabilidade civil

(a) Somente é permitido operar uma aeronave não tripulada que esteja em condições aeronavegáveis.

(b) O piloto remoto em comando de uma aeronave não tripulada é responsável pela verificação de suas condições quanto à segurança do voo. Ele deve descontinuar o voo, assim que possível, quando ocorrerem problemas mecânicos, elétricos ou estruturais que comprometam a segurança da operação.

E94.13 [Reservado]

E94.15 Uso de substâncias psicoativas

O piloto remoto em comando e os observadores (se aplicável) de uma aeronave não tripulada devem obedecer aos requisitos aplicáveis da Seção 91.17 do RBHA 91, ou disposições correspondentes que venham a substituí-las.

E94.17 Descumprimento às regras estabelecidas

(a) O não cumprimento dos requisitos estabelecidos neste Regulamento Especial será apurado e os infratores estarão sujeitos às sanções previstas na Lei nº 7.565/86 (CBA).

(b) Por medida cautelar, a ANAC poderá suspender temporariamente as operações quando houver suspeita ou evidência de descumprimento de requisitos deste Regulamento Especial que afetem significativamente o nível de risco da operação.

E94.19 Porte de documentos

Somente é permitido operar uma RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas se, durante toda a operação, estiverem disponíveis na RPS os seguintes documentos:

- (a) a Certidão de Cadastro, o Certificado de Matrícula ou o Certificado de Marca Experimental, conforme aplicável, todos válidos;
- (b) o certificado de aeronavegabilidade válido, se aplicável;
- (c) o manual de voo;
- (d) a apólice de seguro ou o certificado de seguro com comprovante de pagamento, dentro da validade, se aplicável;
- (e) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e
- (f) licença, habilitação e extrato do CMA, válidos e conforme aplicáveis segundo este Regulamento Especial.

Nota: os documentos acima listados abrangem somente os que são requeridos possuir por parte da ANAC. Outros documentos podem ser necessários por parte do DECEA, da ANATEL, ou de outros órgãos competentes.

Subparte B

REGRAS DE VOO

E94.101 Aplicabilidade

Esta subparte estabelece requisitos para operações de aeronaves não tripuladas.

E94.103 Regras gerais para a operação de aeronaves não tripuladas

(a) É proibido o transporte de pessoas, animais, artigos perigosos referidos no RBAC nº 175 ou carga proibida por autoridade competente, em aeronaves não tripuladas.

- (1) Essa proibição não se aplica aos artigos perigosos transportados por uma aeronave não tripulada, quando tais artigos:
 - (i) se destinem a lançamentos relacionados a atividades de agricultura, horticultura, florestais, controle de avalanche, controle de obstrução por gelo e deslizamentos de terra ou controle de poluição;
 - (ii) sejam equipamentos eletrônicos que contenham baterias de lítio necessárias para seu funcionamento, desde que sejam destinadas para uso durante o voo, tais como câmeras fotográficas, filmadoras, computadores etc. Este item não isenta o cumprimento de requisitos de certificação exigidos por outros regulamentos da ANAC;
 - (iii) sejam transportados por aeronaves não tripuladas pertencentes a entidades controladas pelo Estado, sob total responsabilidade das referidas entidades, desde que cumpram os dispositivos aplicáveis do RBAC nº 175; ou
 - (iv) forem requeridos a bordo da aeronave não tripulada, de acordo com os requisitos pertinentes de aeronavegabilidade e/ou de operações.

(b) É vedado operar uma aeronave não tripulada, mesmo não sendo com o propósito de voar, de maneira descuidada ou negligente, colocando em risco vidas ou propriedades de terceiros.

(c) É proibida a operação autônoma de aeronaves não tripuladas.

(d) Todas as operações de aeronaves não tripuladas de uso não recreativo acima de 250 gramas de peso máximo de decolagem devem possuir seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado.

(e) A operação de aeromodelos de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente é permitida pela ANAC em áreas distantes de terceiros, sob total responsabilidade do seu operador, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA.

(f) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente é permitida pela ANAC em áreas distantes de terceiros, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do seu operador, nas seguintes condições:

- (1) se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial; e
- (2) se houver uma avaliação de risco operacional, em formato aceitável, contemplando cada cenário operacional, que deve estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação.

(g) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas de um órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou de operador a serviço de um destes, somente é permitida pela ANAC, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do órgão ou do operador, em quaisquer áreas, nas seguintes condições:

- (1) se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial; e
- (2) se houver uma avaliação de risco operacional, contemplando cada modalidade de operação, nos termos de Instrução Suplementar específica, que deve estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação.

(h) Outros órgãos ou entidades controlados pelo Estado não mencionados no parágrafo (g) desta seção somente podem operar sob as condições do referido parágrafo (g) mediante autorização expressa da ANAC, sendo exigido que se demonstre:

- (1) o interesse público da operação; e
- (2) que haveria um risco maior à vida se a operação fosse realizada por meios alternativos.

(i) A operação de aeronaves não tripuladas até 250 gramas de peso máximo de decolagem é permitida pela ANAC, sob total responsabilidade do seu operador, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, se forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial.

Nota: o usuário deve sempre atentar que não basta cumprir as regras da ANAC para poder operar, mas é preciso cumprir também as regras do DECEA, da ANATEL e eventualmente de outras autoridades competentes, que podem criar restrições ou proibições operacionais além das regras da ANAC.

(j) Operações de aeronaves não tripuladas fora dos critérios estabelecidos nos parágrafos (e), (f), (g), (h) e (i) desta seção são proibidas.

(k) O operador deve manter registros de todos os voos realizados de RPA Classes 1 e 2, em formato aceitável pela ANAC.

E94.105 Atribuições de pré-voos

Antes de iniciar um voo, o piloto remoto em comando de uma aeronave não tripulada deve tomar ciência de todas as informações necessárias ao planejamento do voo.

E94.107 Posto de trabalho do piloto remoto

(a) É necessária a presença de um piloto remoto requerido para a operação na RPS durante todas as fases do voo, sendo admitida a troca do piloto remoto em comando durante a operação.

(b) Um piloto remoto somente pode operar um único RPAS por vez, exceto se de outra forma autorizado pela ANAC. [\(Redação dada pela Resolução nº 622, de 01.06.2021\)](#)

E94.109 Requisitos de autonomia

(a) Somente é permitido iniciar uma operação de aeronave não tripulada se, considerando vento e demais condições meteorológicas conhecidas, houver autonomia suficiente para realizar o voo e pousar em segurança no local previsto.

(b) As RPA Classe 1 devem atender às disposições das seções 91.151 e 91.167 do RBHA 91, ou disposições correspondentes que vierem a substituí-las.

E94.111 Áreas de pousos e decolagens para aeronaves não tripuladas

(a) A operação de aeronaves não tripuladas em aeródromos deve ser autorizada pelo respectivo operador aeroportuário, podendo a ANAC estabelecer restrições ou condições específicas para tal operação.

(b) Pousos e decolagens de RPA podem ser realizados, sob total responsabilidade do piloto remoto em comando e/ou do operador, conforme aplicável, desde que:

(1) o pouso ou a decolagem seja feito em áreas distantes de terceiros, com exceção dos operadores citados nos parágrafos E94.103(g), (h) ou (i), que poderão pousar e decolar, sob sua inteira responsabilidade; e

(2) não haja proibição de operação no local escolhido.

(c) Caso haja alguma situação especial, não prevista por este Regulamento Especial, que cause perturbação à ordem pública, a ANAC poderá proibir as operações em determinada área, mesmo que essa área atenda aos outros critérios do parágrafo (b) desta Seção.

(d) Caso o RPAS preveja uma ou mais áreas para pouso de emergência (*crash site*), essas áreas devem atender às exigências desta Seção.

E94.113 Limitações operacionais para RPA com CAVE

(a) Somente é permitido operar uma RPA civil com CAVE, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA:

(1) para os propósitos para os quais o certificado foi emitido;

(2) sem fins lucrativos; e

(3) sobre áreas distantes de terceiros.

(b) A ANAC pode estabelecer as limitações adicionais que considere necessárias para garantir a segurança.

E94.115 Operações internacionais

Uma aeronave não tripulada somente poderá, em voo, cruzar as fronteiras nacionais para acessar o território brasileiro após a emissão de autorização expressa da ANAC, observada a regulamentação específica sobre o controle do espaço aéreo e de demais órgãos competentes.

Subparte C

[reservada]

Subparte D

Registro e marcas

E94.301 Registro e cadastro

(a) As RPA Classe 1 devem ser registradas atendendo ao disposto na Resolução nº 293, de 9 de novembro de 2013, que dispõe sobre o Registro Aeronáutico Brasileiro. Essas aeronaves fazem jus a um Certificado de Marca Experimental ou a um Certificado de Matrícula, conforme aplicável. (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(b) Exceto como previsto nos parágrafos (a) e (d) desta seção, toda aeronave não tripulada deve ser cadastrada junto à ANAC e vinculado a uma pessoa (física ou jurídica, com CPF ou CNPJ no Brasil), que será a responsável legal pela aeronave. (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(c) [Reservado] (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(d) As aeronaves não tripuladas de peso máximo de decolagem de até 250 gramas não precisam ser cadastradas junto à ANAC ou identificadas.

(e) O cadastro efetuado segundo esta seção será válido por 24 meses. O cadastro não revalidado até 6 meses depois de vencido será inativado e não poderá mais ser revalidado.

E94.303 Marcas de identificação, de nacionalidade e de matrícula

(a) Somente é permitido operar uma RPA Classe 1 ou 2 se: (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(1) a RPA atender ao disposto nos parágrafos e seções 45.11(a)(1) e (a)(2); 45.12-I(b), (d) e (e); 45.13; 45.15 (se aplicável); 45.16 (se aplicável) do RBAC 45, conforme aplicável; (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(2) a placa de identificação da RPA requerida pelo parágrafo 45.11(a) do RBAC 45 estiver fixada:

(i) no lado externo da fuselagem da RPA, de forma legível; ou

(ii) em um compartimento interno da RPA que possa ser facilmente inspecionado; e

(3) [Reservado] (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(4) No caso de RPA Classe 1, adicionalmente ao requerido no parágrafo (a)(1) desta seção, atender ao disposto nos parágrafos e seções 45.21; 45.22; 45.23-I; 45.25; 45.27(a)-I e (b)-I; 45.29-I (sempre que aplicável); 45.30-I; 45.31; e 45.33 do RBAC 45, conforme aplicável. (Incluído pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(b) Exceto como previsto no parágrafo (d)(1) desta seção, ninguém pode remover, trocar ou colocar as informações requeridas pelo parágrafo 45.13(a) do RBAC 45 em qualquer RPA sem a aprovação da ANAC. (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(c) Exceto como previsto no parágrafo (d)(2) desta seção, ninguém pode remover ou instalar uma placa de identificação requerida pela seção 45.11 do RBAC 45 ou pelo parágrafo (a)(3) desta seção sem a aprovação da ANAC.

(d) Pessoas executando trabalhos de manutenção, desde que de acordo com métodos, técnicas e práticas aceitáveis pela ANAC, podem:

(1) remover, trocar ou colocar os dados de identificação requeridos pelo parágrafo 45.13(a) do RBAC 45 em qualquer RPA; ou (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(2) remover uma placa de identificação requerida pela seção 45.11 do RBAC 45 ou pelo parágrafo (a)(3) desta seção, se necessário para operações de manutenção.

(e) Ninguém pode instalar uma placa de identificação removida segundo o parágrafo (d)(2) desta seção em qualquer RPA que não seja naquela da qual a placa foi removida. (Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

(f) Motores e hélices de tipo certificado devem atender às disposições aplicáveis do RBAC 45.

(g) Se for impossível colocar as informações requeridas em concordância com o previsto em função da configuração ou dimensões de uma aeronave, as informações deverão ser colocadas no maior tamanho possível e na maior das superfícies autorizadas.

(h) Toda aeronave não tripulada cadastrada junto à ANAC conforme o parágrafo E94.301(b) deve ser identificada com o seu número de cadastro.

(1) A identificação deve ser mantida em uma condição legível para uma inspeção visual próxima e estar localizada:

(i) no lado externo da fuselagem da aeronave; ou

(ii) em um compartimento interno da aeronave que possa ser facilmente acessado sem necessidade de uso de qualquer ferramenta.

(Incluído pela Resolução nº 649, de 30.11.2021)

Subparte E

AUTORIZAÇÃO DE PROJETO DE RPAS

E94.401 Autorização do projeto do RPAS

(a) Somente é permitido operar um RPAS civil no Brasil se o projeto do RPAS for autorizado pela ANAC levando em consideração a Classe do RPAS e o tipo de operação (VLOS ou BVLOS), exceto nos seguintes casos:

(1) RPAS Classe 3 que se destinem exclusivamente para operações VLOS até 400 pés AGL;

(2) a RPA possua Certificado de Tipo; ou

(3) a RPA seja utilizada de acordo com o estabelecido na seção E94.503 deste regulamento.

(b) Um requerente de autorização de projeto de RPAS deve:

(1) demonstrar, de maneira aceitável pela ANAC, que o RPAS satisfaz os requisitos aplicáveis desta Subparte vigentes na data em que o requerimento foi apresentado, salvo se:

(i) for determinado de outra forma pela ANAC; ou

(ii) a conformidade com emendas que estarão vigentes em data futura seja optada pelo requerente ou exigida pela ANAC;

(2) demonstrar, de maneira aceitável pela ANAC, que o RPAS satisfaz qualquer requisito adicional estabelecido pela ANAC a fim de garantir um nível de risco aceitável; e

(3) fornecer uma declaração certificando que o requerente cumpriu com os requisitos aplicáveis.

(c) Não obstante o estabelecido nesta subparte, qualquer interessado pode requerer um Certificado de Tipo para um projeto de aeronave remotamente pilotada de qualquer classe com base no RBAC 21.

E94.403 Determinação dos requisitos aplicáveis para autorização do projeto do RPAS

(a) Os RPAS Classe 2 que se destinam exclusivamente a operações VLOS devem demonstrar cumprimento com os requisitos das seções E94.405 e E94.409 deste Regulamento Especial.

(b) Os RPAS Classes 2 se destinam a operações BVLOS devem demonstrar cumprimento com os requisitos das seções E94.405, E94.407 e E94.409 deste Regulamento Especial.

(c) Os RPAS Classe 3 que se destinam a operações BVLOS devem demonstrar cumprimento com os requisitos das seções E94.405 e E94.407 deste Regulamento Especial.

(d) Os RPAS Classe 3 que se destinam a operações VLOS acima de 400 pés AGL devem demonstrar cumprimento com os requisitos da seção E94.405 e dos parágrafos (a), (c) e (d) da seção E94.407 deste Regulamento Especial.

E94.405 Projeto do RPAS – Geral

(a) O requerente deve apresentar de maneira aceitável pela ANAC os seguintes documentos:

(1) manual de voo do RPAS que estabeleça as condições, as limitações e os procedimentos para a operação segura do RPAS;

(2) manual de manutenção do RPAS que contenha as informações necessárias para a aeronavegabilidade continuada do RPAS; e

(3) relatório de análise de segurança que demonstre que o RPAS é seguro quando operado da maneira especificada no manual de voo.

(b) O requerente deve demonstrar que a operação do enlace de comando e controle é adequada à distância máxima pretendida para a operação da RPA.

(c) Demonstrações em voo e/ou em solo podem ser requeridas pela ANAC.

E94.407 Projeto do RPAS para operações BVLOS

Todos os RPAS que se destinam a operações BVLOS devem:

(a) apresentar informações e alertas relevantes sobre a condição da aeronave para o piloto remoto;

(b) possuir um sistema de navegação com desempenho e confiabilidade suficientes para garantir a segurança da operação;

(c) possuir capacidade de recuperação de emergências; e

(d) possuir um sistema adequado de iluminação da aeronave.

E94.409 Projeto de RPAS Classe 2

Os RPAS Classe 2 devem satisfazer os seguintes requisitos adicionais:

(a) considerando o seu envelope de voo operacional, a RPA deve:

(1) ser segura em controle e manobra durante todas as fases do voo; e

(2) ter desempenho adequado, levando em conta o máximo peso de operação, todas as condições de carregamento e altitudes de operação;

(b) os sistemas de geração, armazenamento e distribuição de energia para qualquer sistema do RPAS devem ser capazes de:

(1) fornecer a energia requerida para a operação adequada de cargas conectadas durante todas as condições pretendidas de operação; e

(2) alimentar as cargas essenciais requeridas para voo e pouso seguros mesmo na ocorrência de qualquer falha simples ou mau funcionamento;

(c) cada sistema de alimentação do sistema de propulsão da RPA deve ser projetado, arranjado e construído para:

- (1) garantir o funcionamento adequado do sistema de propulsão em todas as condições de operação e manobras pretendidas; e
 - (2) fornecer a quantidade mínima necessária de combustível/energia para garantir o funcionamento do grupo motopropulsor em sua máxima tração/potência, além da operação de todos os sistemas que se utilizam dessa fonte de alimentação;
- (d) O sistema de armazenamento de combustível/energia para alimentação do sistema de propulsão da RPA deve:
- (1) resistir às cargas esperadas em todas as fases de operação; e
 - (2) ser construído, arranjado e instalado de forma a minimizar condições perigosas à aeronave;
- (e) o sistema de propulsão da RPA deve ser construído, arranjado e instalado de forma a garantir um pouso seguro. A operação adequada do sistema de propulsão deve ser garantida quando for necessária ao funcionamento adequado do sistema de recuperação de emergência;
- (f) as estruturas primárias da aeronave devem resistir às cargas esperadas em todas as fases de operação;
- (g) as estruturas primárias da aeronave devem ser projetadas e fabricadas por meios aceitáveis de projeto e produção;
- (h) o projeto dos comandos e sistemas de comando deve minimizar a possibilidade de travamento e operação inadvertida, incluindo prevenção à montagem incorreta e engajamento não intencional de dispositivos de travamento de superfícies de controle;
- (i) o projeto de cada comando e sistema de comando deve permitir sua operação com facilidade e precisão apropriada para suas funções;
- (j) deve haver meios para fornecer, ao piloto remoto, os parâmetros requeridos de voo e de operação dos sistemas para operar a RPA de forma segura;
- (k) informações referentes às condições inseguras de operação dos sistemas devem ser fornecidas em tempo hábil ao piloto remoto de modo a lhe permitir tomar as ações corretivas adequadas. A apresentação destas informações deve minimizar possíveis erros do piloto remoto que possam gerar perigos adicionais;
- (l) todos os sistemas devem ser projetados para minimizar erros de operação que possam contribuir para a geração de perigos;
- (m) cada componente de um sistema essencial para a segurança do voo deve:
- (1) ser de um tipo e projeto apropriado para a função pretendida; e
 - (2) ser instalado de acordo com as limitações especificadas para aquele componente;
- (n) os sistemas necessários para a operação segura de um RPAS devem funcionar apropriadamente;
- (o) o RPAS deve ser capaz de operar com segurança em todas as condições operacionais e ambientais possíveis e previstas em seu perfil de operação; e
- (p) cada sistema do RPAS, considerado separadamente, ou em relação a outros sistemas, deve ser projetado e instalado de modo que a operação ou falha deste não resulte em riscos inaceitáveis à segurança operacional.

E94.411 Projeto de RPAS Classe 1

Os RPAS Classe 1 devem obter um Certificado de Tipo conforme o RBAC 21. O Certificado de Tipo será emitido para a RPA, porém deverá englobar todo o RPAS, incluindo as interdependências entre os seus componentes.

E94.413 Modificações do projeto

- (a) Qualquer modificação em um RPAS de tipo certificado deve ser feita como estabelecido no RBAC 21.
- (b) Qualquer modificação em um RPAS de Classe 2 ou 3 que tenha seu projeto autorizado em conformidade com esta Subparte apenas pode ser realizada após o detentor da autorização garantir que o projeto modificado cumpre com todos os requisitos aplicáveis.

Subparte F

CERTIFICADOS DE AERONAVEGABILIDADE PARA RPA

E94.501 Disposições gerais

- (a) Exceto como previsto em (c), nenhuma aeronave não tripulada poderá voar sem possuir um certificado de aeronavegabilidade válido.
- (b) Os seguintes tipos de certificado de aeronavegabilidade podem ser emitidos para uma RPA:
 - (1) Certificado de Autorização de Voo Experimental – CAVE;
 - (2) Autorização Especial de Voo – AEV;
 - (3) Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA – CAER;
 - (4) Certificado de Aeronavegabilidade categoria restrita; e

(5) Certificado de Aeronavegabilidade padrão.

(c) As RPAs Classe 3 que se destinam unicamente a operações VLOS até 400 pés AGL e os aeromodelos não necessitam possuir qualquer certificado de aeronavegabilidade.

E94.503 Emissão de CAVE e AEV para RPA

(a) Um CAVE pode ser emitido para RPA com os seguintes propósitos, mediante cumprimento da seção 21.193 do RBAC 21:

(1) pesquisa e desenvolvimento. Ensaios de novas concepções de projeto de aeronave, novos equipamentos aeronáuticos, novas instalações em aeronaves, novas técnicas operacionais e/ou novos empregos para a aeronave;

(2) demonstração de cumprimento com requisitos. Condução de ensaios em voo ou outras operações visando demonstrar cumprimento com os requisitos aplicáveis, incluindo os voos necessários à autorização de projeto de RPAS, emissão de certificado de tipo ou certificado suplementar de tipo, voos para substanciar modificações de projeto e voos para demonstrar cumprimento com requisitos de funcionamento e de confiabilidade;

(3) treinamento de piloto remoto. Treinamento dos pilotos remotos do requerente; e

(4) pesquisa de mercado. Utilização da aeronave com o propósito de conduzir pesquisas de mercado, demonstrações para venda e treinamento dos pilotos remotos do comprador da aeronave.

(b) O requerente de um CAVE com propósito de treinamento de piloto remoto e/ou pesquisa de mercado faz jus ao certificado se, além das exigências da seção 21.193 do RBAC 21:

(1) ele estabelecer um programa de inspeções e de manutenção de forma a assegurar a aeronavegabilidade continuada da aeronave; e

(2) ele demonstrar que a RPA voou um mínimo de 50 (cinquenta) horas.

(c) Uma AEV pode ser emitida para RPA com os seguintes propósitos, mediante cumprimento da seção 21.199 do RBAC 21:

(1) traslado de aeronave para uma base onde reparos, modificações ou serviços de manutenção serão executados, ou para uma base onde a aeronave será armazenada;

(2) entrega ou exportação de aeronave ao seu comprador;

(3) ensaios em voo de produção de aeronaves recém-fabricadas, inclusive treinamento de piloto remoto do fabricante;

(4) evacuação da aeronave de áreas perigosas;

(5) condução de voos de demonstração para cliente, inclusive treinamento de piloto remoto do mesmo, em aeronaves novas que tenham satisfatoriamente completado ensaios em voo de produção.

E94.505 Emissão de Certificado de Aeronavegabilidade Especial para RPA Classe 2 ou 3

(a) O requerente de um Certificado de Aeronavegabilidade Especial para uma RPA Classe 2 ou 3 que se destina a operações não experimentais faz jus a esse certificado mediante o cadastro da RPA e a apresentação de uma declaração de conformidade do RPAS com seu projeto autorizado pela ANAC, emitida pelo seu fabricante. ([Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021](#)).

(b) A ANAC poderá vistoriar o RPAS para verificar se ele está conforme o projeto autorizado e se apresenta condições de operação segura.

E94.507 Emissão de Certificado de Aeronavegabilidade para RPA Classe 1

Uma RPA Classe 1 que possua um Certificado de Tipo emitido conforme o RBAC 21 faz jus ao Certificado de Aeronavegabilidade correspondente definido no mesmo regulamento mediante cumprimento da seção 21.183 ou 21.185 do RBAC 21, conforme aplicável.

E94.509 Validade

(a) Exceto se devolvido por seu detentor, suspenso ou cassado, um certificado de aeronavegabilidade somente é válido como segue:

(1) um certificado de aeronavegabilidade padrão ou um certificado de aeronavegabilidade especial, categoria restrita, é válido pelo período de tempo especificado pela ANAC, e desde que a aeronave seja mantida segundo estabelecido nas demais subpartes deste regulamento, conforme aplicável, e enquanto for válido seu certificado de matrícula;

(2) uma autorização especial de voo é válida pelo período de tempo especificado na mesma;

(3) um certificado de aeronavegabilidade especial de RPA é válido por tempo indeterminado e enquanto:

(i) a aeronave estiver em conformidade com seu projeto autorizado, exceto por aquelas alterações realizadas de acordo com o estabelecido no parágrafo E94.413(b);

(ii) a aeronave não apresentar condição insegura; e

(iii) a aeronave estiver registrada no Brasil; e

(4) um certificado de autorização de voo experimental para os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, demonstração de cumprimento com requisitos, treinamento de tripulação ou pesquisa de mercado é válido por 1 (um) ano após a data de emissão ou renovação, exceto se um período menor for estabelecido pela ANAC.

(b) O proprietário, operador ou depositário de uma aeronave com certificado de aeronavegabilidade deve disponibilizá-la à ANAC, sempre que requerido, para a condução de inspeções e vistorias.

(c) O proprietário, operador ou depositário de uma aeronave cujo certificado de aeronavegabilidade tenha perdido sua validade, por qualquer motivo, deve devolvê-lo à ANAC, caso assim requerido.

Subparte G

AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA DE RPAS

E94.601 Disposições gerais

(a) O operador ou, na falta deste, o proprietário, é o responsável pela conservação do RPAS em condições aeronavegáveis.

(b) Exceto para RPAS Classe 2 ou Classe 3, somente é permitido operar um RPAS segundo este Regulamento Especial se tiver sido executada uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM) neste RPAS nos últimos 12 meses. O proprietário ou operador deve apresentar à ANAC uma Declaração de Inspeção Anual de Manutenção (DIAM) para o referido RPAS, atestando sua condição de aeronavegabilidade.

E94.603 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 1

(a) Somente é permitido executar manutenção, manutenção preventiva, reparos ou alterações em RPAS Classe 1 se a execução se der como estabelecido nos requisitos aplicáveis desta Subparte e em outras regulamentações aplicáveis, incluindo o RBAC 43.

(b) Somente é permitido operar um RPAS Classe 1 que possua um manual de manutenção do fabricante ou instruções para aeronavegabilidade continuada contendo uma seção de limitações de aeronavegabilidade se os tempos para substituição de componentes, os intervalos de inspeção e os procedimentos específicos contidos naquela seção forem cumpridos.

(c) Somente é permitido modificar um RPAS Classe 1 com base em um certificado suplementar de tipo se quem modificar for o detentor deste certificado ou possuir autorização por escrito do detentor.

E94.605 Manutenção requerida para RPAS Classe 1

Cada proprietário ou operador deve:

(a) ter esse RPAS inspecionado segundo esta Subparte e deve, entre inspeções obrigatórias, reparar discrepâncias que eventualmente apareçam, conforme previsto no RBAC 43.

(b) assegurar-se de que o pessoal de manutenção tenha feito as anotações apropriadas nos registros de manutenção do RPAS, indicando que este tenha sido aprovado para retorno ao serviço.

E94.607 Operação após manutenção, manutenção preventiva, reconstrução ou alterações de RPAS Classe 1

(a) Somente é permitido operar um RPAS que tenha sofrido manutenção, manutenção preventiva, reconstrução ou alterações se:

(1) ele tiver sido aprovado para retorno ao serviço por uma pessoa autorizada e devidamente qualificada pela ANAC e conforme a Seção 43.7 do RBAC 43; e

(2) as anotações nos registros de manutenção requeridas pelas seções 43.9 ou 43.11 do RBAC 43, como aplicável, tiverem sido feitas.

E94.609 Inspeções de RPAS Classe 1

Somente é permitido operar um RPAS Classe 1 se os tempos para revisão geral, os intervalos de inspeção e os procedimentos específicos contidos no programa de manutenção recomendado pelo fabricante forem cumpridos.

E94.611 Equipamentos de testes e inspeções em sistema de altímetro e em equipamento automático de informação de altitude (Modo C) de RPAS Classe 1

(a) Somente é permitido operar um RPAS Classe 1 se:

(1) dentro dos 24 meses precedentes, cada sistema de pressão estática, cada altímetro e cada equipamento automático de informação de altitude (se requerido na área de operação) tiver sido testado, inspecionado e considerado conforme com o Apêndice E do RBAC 43, exceto quanto à abertura dos drenos do sistema ou das válvulas de fonte alternada de pressão estática, seguindo-se a qualquer abertura e fechamento do sistema de pressão estática; e

(2) após a instalação ou manutenção do sistema automático de informação de altitude ou do transponder, quando é possível que erros na correspondência dos dados de altitude sejam introduzidos, o sistema como um todo tiver sido testado, inspecionado e considerado conforme com o parágrafo (c) do Apêndice E do RBAC 43.

(b) Os testes requeridos pelo parágrafo (a) desta seção devem ser conduzidos:

(1) pelo fabricante do RPAS; ou

(2) por uma organização de manutenção detentora de Categoria, classe e Especificações Operativas apropriadas e que tenha:

(i) autorização da ANAC para executar trabalhos em instrumentos;

- (ii) autorização da ANAC para reparar o tipo e o modelo do equipamento a ser testado;
- (iii) autorização da ANAC para executar o teste específico; ou
- (iv) autorização da ANAC para trabalhar no tipo específico de RPAS a ser testado; ou

(3) por um mecânico de manutenção aeronáutica detentor de habilitação em célula e/ou aviônicos, e qualificado em instrumentos (apenas para os testes e inspeções do sistema de pressão estática).

(c) Os altímetros e equipamentos automáticos de informação de altitude aprovados conforme uma Ordem Técnica Padrão (OTP) – *Technical Standard Order (TSO)* – são considerados testados e inspecionados quando da data de sua fabricação.

(d) É vedado operar um RPAS acima da altitude máxima na qual todos os altímetros e o equipamento automático de informação de altitude da aeronave (se requerido na área de operação) tenham sido testados com resultados satisfatórios.

E94.613 Testes e inspeções do transponder de RPAS Classe 1

(a) Somente é permitido utilizar um transponder como especificado no parágrafo 91.215(a) do RBHA 91, ou disposições correspondentes que venham a substituí-lo, se, dentro dos 24 meses precedentes, o transponder tiver sido testado, inspecionado e considerado conforme com o Apêndice F do RBAC 43.

(b) Após qualquer instalação ou manutenção do transponder, quando erros na correspondência de dados podem ser introduzidos, o sistema como um todo tiver sido testado, inspecionado e considerado conforme com o parágrafo (c) do Apêndice E do RBAC 43.

(c) Os testes e inspeções requeridos por esta Seção devem ser conduzidos:

- (1) por uma organização de manutenção certificada pela ANAC; ou
- (2) pelo fabricante da aeronave na qual o transponder a ser testado está instalado, se este tiver sido instalado pelo próprio fabricante.

E94.615 Registros de manutenção de RPAS Classe 1

(a) Exceto para trabalho executado segundo as seções E94.611 e E94.613 deste Regulamento Especial, cada proprietário ou operador deve conservar, pelos períodos estabelecidos no parágrafo (b) desta Seção, os seguintes registros:

(1) registro de manutenção, manutenção preventiva e alteração e registros de inspeção anual e outras inspeções obrigatórias, como apropriado, para cada RPAS (incluindo célula, motor, hélice, rotor, estações de terra e equipamentos). Os registros devem conter:

- (i) a descrição (ou referência a dados aceitáveis pela ANAC) do trabalho realizado;
- (ii) a data de término do trabalho realizado; e
- (iii) a assinatura e o número da licença da pessoa que aprovou o retorno da aeronave ao serviço; e

(2) registros contendo as seguintes informações:

- (i) o tempo total de voo de cada célula, motor e hélice;
- (ii) a presente situação de partes com tempo de vida limitado de cada célula, motor, hélice, rotor e equipamento;
- (iii) o tempo desde a última revisão geral de itens instalados no RPAS que requerem revisão geral com base em tempos específicos;
- (iv) a identificação da presente situação do RPAS em relação a inspeções, incluindo os tempos desde a última inspeção obrigatória requerida pelo programa de inspeções segundo o qual o RPAS e seus componentes são mantidos;
- (v) a situação atualizada, quando aplicável, das diretrizes de aeronavegabilidade e diretrizes de segurança aplicáveis, incluindo, para cada uma, o método para cumpri-la, o número da diretriz de aeronavegabilidade ou da diretriz de segurança e a data de revisão. Se a diretriz de aeronavegabilidade ou diretriz de segurança requerer ações periódicas, o tempo e a data em que a próxima ação será requerida; e
- (vi) cópias dos formulários requeridos pelo parágrafo 43.9(a) do RBAC 43 para cada grande alteração ou grande reparo da célula, motores, hélices, rotores e equipamentos correntemente instalados no RPAS.

(b) O proprietário ou operador deve conservar os seguintes registros pelos períodos abaixo:

- (1) os registros requeridos pelo parágrafo (a)(1) desta Seção, até que o trabalho seja repetido pela terceira vez consecutiva, mesmo que ele tenha sido substituído por trabalho mais detalhado, ou por 2 anos após o término do trabalho, o que for maior;
- (2) os registros requeridos pelo parágrafo (a)(2) desta Seção, permanentemente e devem ser transferidos com o RPAS caso ele ou algum de seus componentes principais (RPA, RPS, etc.) seja vendido; e
- (3) uma listagem de defeitos fornecida a um proprietário ou operador conforme a Seção 43.11 do RBAC 43 até que todos os defeitos tenham sido reparados e o RPAS aprovado para retorno ao serviço.

(c) Cada proprietário ou operador deve disponibilizar todos os registros requeridos por esta Seção a um fiscal, sempre que requerido.

E94.617 Transferência de registros de manutenção de RPAS Classe 1

Qualquer proprietário ou operador que venda um RPAS ou algum de seus componentes principais (RPA, RPS, etc.) deve transferir para o comprador, no momento da venda, os seguintes registros correspondentes, em linguagem clara ou em forma codificada, a critério do comprador, desde que a forma codificada permita a recuperação das informações de maneira aceitável pela ANAC:

- (a) os registros especificados no parágrafo E94.615(a)(2) deste Regulamento Especial; e
- (b) os registros especificados no parágrafo E94.615(a)(1) deste Regulamento Especial que não estiverem incluídos nos registros requeridos pelo parágrafo (a) desta Seção, exceto quando o comprador autorizar o vendedor a manter a custódia física de tais registros. No entanto, a custódia física não exime o comprador da responsabilidade estabelecida pelo parágrafo E94.615(c) deste Regulamento Especial.

E94.619 Pesagem e balanceamento de RPA Classe 1

- (a) Aeronaves cujos manuais do fabricante definem intervalos de tempo entre pesagens devem ser pesadas de acordo com tais manuais.
- (b) qualquer aeronave deve ser pesada:
 - (1) sempre que houver dúvidas quanto à exatidão de seu peso e balanceamento; e
 - (2) após ter sido submetida a serviços de manutenção, alterações e reparos que possam ter alterado seu peso, incluindo pintura geral, grandes reparos, grandes alterações, etc.
- (c) A ficha de peso e balanceamento de uma aeronave deve ser recalculada sempre que a aeronave sofrer alteração por remoção, instalação ou mudança de posição de equipamentos, acessórios etc.
- (d) A pesagem de uma aeronave deve ser executada por empresa certificada para o serviço.

E94.621 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 2

- (a) Somente é permitido operar um RPAS Classe 2 se os procedimentos específicos contidos no programa de manutenção do RPAS recomendado pelo fabricante forem cumpridos.
- (b) Todas as ações de manutenção deverão ser registradas em cadernetas apropriadas.
- (c) A manutenção, manutenção preventiva, reparos ou alterações e aprovações para o retorno ao serviço devem ser realizados:
 - (1) pelo fabricante; ou
 - (2) por organização de manutenção credenciada pelo fabricante; ou
 - (3) por pessoa qualificada e devidamente treinada pelo fabricante ou instituição credenciada pelo fabricante.

E94.623 Aeronavegabilidade continuada de RPAS Classe 3 BVLOS

- (a) Somente é permitido operar um RPAS Classe 3 destinada a operações BVLOS se:
 - (1) os procedimentos específicos recomendados pelo fabricante no manual de manutenção forem cumpridos;
 - (2) a pessoa que executa manutenção for devidamente treinada e qualificada; e
 - (3) todas as ações de manutenção forem registradas em cadernetas apropriadas.

Subparte H DISPOSIÇÕES FINAIS

E94.701 Contravenções

- (a) De acordo com as disposições deste Regulamento Especial, para os efeitos de aplicação do art. 33 do Decreto-Lei nº 3.688, de 3 de outubro de 1941, entende-se como devidamente licenciado o operador que possuir:
 - (1) no caso de aeromodelo acima de 250 gramas de peso máximo de decolagem, a comprovação de cadastro emitido junto à ANAC e sua identificação na aeronave;
 - (2) no caso de RPA de peso máximo de decolagem superior a 250 gramas e até 25kg, em VLOS ou EVLOS até 400 pés AGL:
 - (i) a comprovação de cadastro emitido junto à ANAC e sua identificação na aeronave;
 - (ii) o seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto das aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado;
 - (iii) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e
 - (iv) manual de voo;
 - (3) no caso de RPA de peso máximo de decolagem superior a 250 gramas e até 25kg, em BVLOS até 400 pés AGL:
 - (i) o seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto das aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado;

- (ii) certificado de marca experimental, certificado de matrícula ou comprovação de cadastro emitido junto à ANAC, conforme aplicável e sua identificação na aeronave; ([Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021](#));
- (iii) certificado de aeronavegabilidade válido;
- (iv) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e
- (v) manual de voo;

(4) no caso das demais RPA de peso máximo de decolagem superior a 250 gramas e até 25kg:

- (i) o seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto das aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado;
- (ii) licença e habilitação emitida pela ANAC;
- (iii) certificado de marca experimental, certificado de matrícula ou comprovação de cadastro emitido junto à ANAC, conforme aplicável e sua identificação na aeronave; ([Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021](#));
- (iv) certificado de aeronavegabilidade válido;
- (v) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e
- (vi) manual de voo; ou

(5) no caso de RPA de peso máximo de decolagem acima de 25kg:

- (i) o seguro com cobertura de danos a terceiros, exceto das aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado;
- (ii) licença e habilitação emitida pela ANAC;
- (iii) o CMA de 1ª, 2ª ou 5ª Classe emitido segundo o RBAC nº 67, ou o CMA de 3ª Classe válido emitido pelo Comando da Aeronáutica segundo a ICA 63-15;
- (iv) certificado de marca experimental, certificado de matrícula ou comprovação de cadastro emitido junto à ANAC, conforme aplicável e sua identificação na aeronave; ([Redação dada pela Resolução nº 649, de 30.11.2021](#));
- (v) certificado de aeronavegabilidade válido;
- (vi) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e
- (vii) manual de voo.

(b) Todos os operadores de aeromodelos e de RPA até 250 gramas de peso máximo de decolagem são considerados como devidamente licenciados, para os efeitos de aplicação do art. 33 do Decreto-Lei nº 3.688, de 3 de outubro de 1941, por força deste Regulamento Especial, sem necessidade de possuir documento emitido pela ANAC.

Nota: os documentos acima listados abrangem somente os que são requeridos possuir por parte da ANAC. Outros documentos podem ser necessários por parte do DECEA, da ANATEL, ou de outros órgãos competentes.