



MANUAL SUPPORT E MANUTENÇÃO FÓRMULA DRONE

Projeto Grupo Robótica Maracanã

CEFET/RJ

Ver 3.0/19

Estudantes participantes: Mauricio Baptista Neto , Caio Reis de Oliveira, Gustavo Silva Araújo , João Vitor Silva Barbosa ,Matheus Veras Mondaini , Maurício Gonçalves Carvalho Silva , Victor Prado Siqueira , Carlos Henrique Bravo Serrado , Naomi Nitahara Toribio , Willian de Oliveira Silva, Pedro Seco Barreto , Augusto Lauande Rodrigues ,David Rodrigues Albuquerque ,Leandro Borba Barcelos ,João Pedro Guimarães Maximiano Fernandes ,Lucas do Herval Menezes da Costa ;Fernando de Abreu Lima; Cauã Palácio; Esther da Costa Lessa; Leonardo Coutinho; Pedro Henrique Pimentel; Antonio Carlos de Jesus; Esther Ewellin Campos Dias ; Gabriela Ferreira de Mesquita ; Maurício Gonçalves; Marco Túlio Gama

Coordenadores: Prof. Dsc. João Roberto de Toledo Quadros e Prof. MsC Luís Carlos Pereira do Amaral



Sumário

- 1. Introdução**
- 2. Objetivos a serem alcançados**
- 3. Características e Descrição do Drone**
- 4. Procedimentos de montagem**
- 5. Procedimentos de teste**
- 6. Procedimentos de voo**
- 7. Apêndices**

1. Introdução

O Projeto SAE BRASIL Helidesign (Fórmula Drone) é uma iniciativa de caráter educacional a cargo da SAE BRASIL - sociedade brasileira da tecnologia da mobilidade - lastreada no conhecimento e experiência acumulados ao longo de mais duas décadas nos programas Baja SAE, AeroDesign, Fórmula SAE e Demoiselle, contando com o apoio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior) e voltada a estudantes e professores do ensino profissional técnico de nível médio.

Do seu antecessor AeroDesign, o Projeto Helidesign traz um conceito similar de competição de engenharia, com a mesma organização, processos e base de integrantes da equipe técnica, diferindo no foco tecnológico (sistemas inteligentes de bordo, em contraposição a estruturas e aerodinâmica) e no público alvo (estudantes e professores do ensino profissional técnico de nível médio, em contraposição a estudantes engenharia).

A competição oferece uma oportunidade única aos estudantes, organizados em equipes, de desenvolverem um projeto em todas as suas etapas, desde a concepção, detalhamento do projeto, construção e testes, até colocá-lo efetivamente à prova diante de outros projetos congêneres. Os estudantes são estimulados a desenvolverem aptidões importantes em suas futuras carreiras: liderança, espírito de equipe, planejamento e capacidade de vender projetos e ideias.

As equipes são formadas por até 15 alunos e supervisionadas por um professor da instituição que representam e deverão conceber, projetar, documentar, construir e voar um *drone* tipo *quadrotor* rádio controlado, que seja o mais otimizado possível em todos os aspectos da missão, através de soluções de projeto criativas, inovadoras e multidisciplinares, que satisfaçam os requisitos e restrições do regulamento central da competição.

O drone é um modelo padronizado, com características definidas em Regulamento e de valor acessível às equipes concorrentes. Os sistemas de bordo, desenvolvidos a partir de dispositivos e componentes eletrônicos disponíveis no mercado, deverão resultar do talento, capacidade criativa e dedicação de cada equipe.

A equipe Winged Wolves do CEFET Maracanã participou da Fórmula Drone desde o seu início, em 2017, conquistando duas premiações nos anos de 2017 e 2018. No começo de 2019, foi a equipe responsável por um fórum da SAE Brasil, realizado nas instalações do CEFET, possibilitando ampliar a visibilidade da competição, levar conhecimento a mais pessoas e motivar os membros da equipe.

2. Objetivos a serem alcançados

Geral:

- Estimular a difusão e o intercâmbio de técnicas e conhecimentos de engenharia de sistemas aplicada à operação de aeronaves de asas rotativas tipo *drone*, por parte de estudantes e professores do ensino profissional técnico de nível médio, através de aplicações práticas e da competição entre equipes.

Específicos:

- Aumento do interesse pela carreira aeronáutica, em especial de aeronaves de asas rotativas, entre estudantes de ensino médio de todo o país - através de aplicações práticas e da competição entre equipes, em ambiente saudável e de intercâmbio de técnicas e conhecimentos de engenharia aeronáutica;
- Fomento ao empreendedorismo – jovens organizados em equipes enfrentam e superam todas as etapas de um empreendimento, da concepção à realização e à competição prática, incluindo sua viabilização financeira;
- Fomento à inovação através da constante evolução dos projetos – em grande parte estimulada pelo progressivo endurecimento do Regulamento da Competição - tanto em qualidade como em complexidade - com adoção de técnicas avançadas de projeto de sistemas (telemetria, robótica, imageamento, controle digital de sistemas);
- Difusão e aprofundamento de novas tecnologias – em particular no que concerne a Veículos Aéreos Não Tripulados – VANTs de asas rotativas; e
- Contribuição para o surgimento de livros didáticos e cursos de especialização em projeto e operação de drones - hoje praticamente inexistentes no país.

3. Características e Descrição do Drone

3.1. Aspectos Gerais

O drone é um veículo aéreo não-tripulado (VANT) de asa rotativa, com motores obrigatoriamente elétricos. Na Fórmula Drone, a configuração é de modelo quadrimotor, classe de frame 450.

Para a competição Fórmula Drone atual ele deve estar equipado com, no mínimo, os seguintes equipamentos obrigatórios:

- 4 Motores *brushless* de 850 , 920 ou 935 KV;
- 4 hélices de medida 10x4,5 polegadas (2 hélices com rotação em sentido horário e 2 hélices com sentido anti-horário);
- 4 Controladores de velocidade para motores *brushless* com capacidade de 25 a 30 A;
- Bateria;
- Sistema de controle de voo Ardupilot Mega (APM) 2.6.

3.2. Lista de componentes para o Projeto

3.2.1. Componentes principais

- Frame F450



- Landing 450 (conforme foto de F450 com as pernas de pouso)

F450 PCB



- Baterias LIPO 3S (de 3 células) acima de 2700 mAh (para voos maiores que 5 minutos), com mínimo de 11,1 V e máximo de 12,6V. A bateria totalmente carregada deve ter seu valor igual a $0,98 \times$ carga máxima do fabricante. Ou seja, uma bateria de 12,6V de carga máxima deve ter carregada $12,6 \times 0,98$ V ou 12,3V.



- 4 pares de hélices de nylon ou carbono de 10X4.5 (pelo menos, mais 8 pares reservas).



- APM 2.6 Flight Control.



- Módulo de GPS (opcional).



- 4 motores Brushless, para drone, de 850, 920, 935 ou 1000 KV.



- 4 Conectores ESC para Brushless de 30A.



- Módulo de potência (Para o conector XT60 do pm).



- Cabos servos para APM



- Rádio controle externo com, no mínimo, 6 canais operacionais



- Telemetria



Utiliza-se um módulo de telemetria ReadyToSky 3DR que trabalha em 915Mhz. O módulo é o adequado para alcances de 1 a 2 Km, no máximo, para diversos tipos de testes e controle .

3.2.2 Material Auxiliar

3.2.2.1 Ferramentas adequadas para montagem dos drones





3.2.2.2 Equipamentos para segurança individual

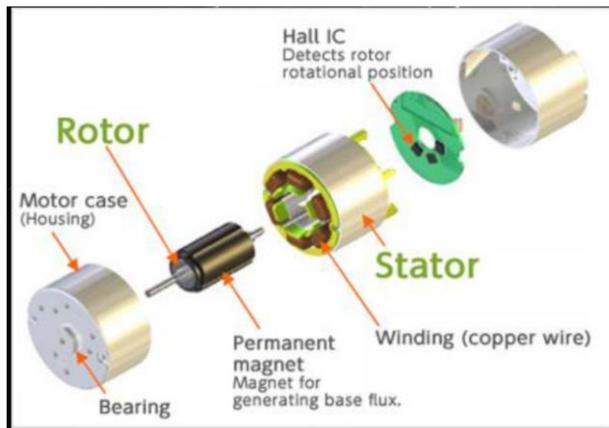
Devem ser usados nas fases de montagem, teste e operação do drone.

a. Óculos de proteção:

Exemplos:

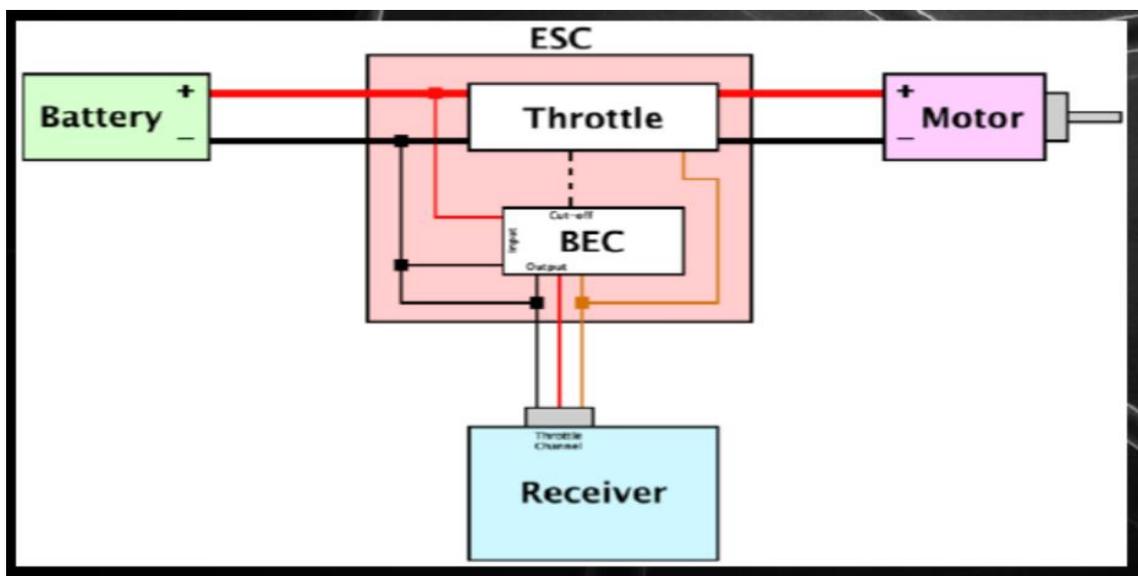
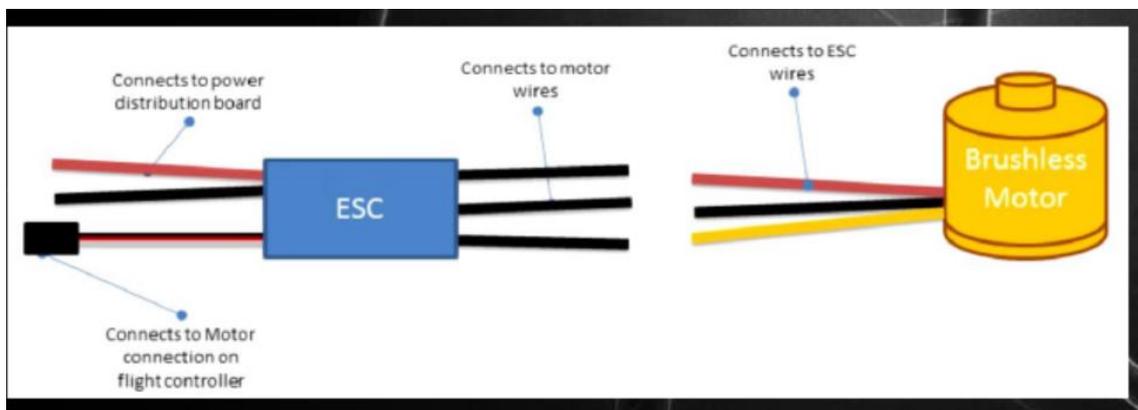


- Componentes físicos do motor brushless

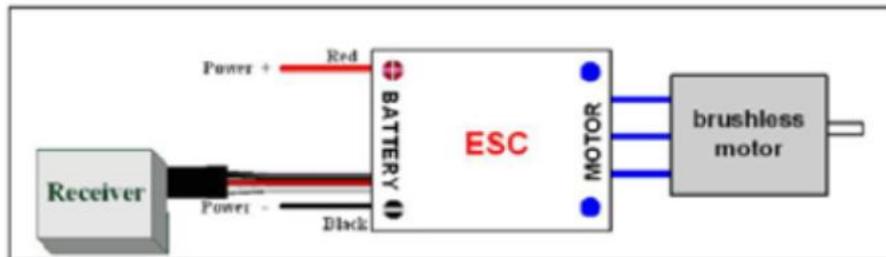


4.1.2 ESC

O ESC é o controlador de velocidade de um drone.



- Padrão de montagem das conexões dos fios do ESC



- Posição correta dos fios do ESC:

Sentido Horário:

(ESC) A -> Amarelo (branco/laranja) (MOTOR)

(ESC) B -> Vermelho (MOTOR)

(ESC) C -> Preto (MOTOR)

Sentido Anti-horário:

(ESC) A -> Preto (MOTOR)

(ESC) B -> Vermelho (MOTOR)

(ESC) C -> Amarelo (branco/laranja) (MOTOR)

OBS: Lembrando que é necessário a bateria 3S e o receptor do controle ligado no ESC, ou um Arduino com programação para controle de servo.

Cores dos Fios do rabicho do ESC

-> Preto ou Marrom: NEGATIVO

-> Vermelho: POSITIVO

-> Branco/Laranja/amarelo: DADOS

4.1.3 Especificações de uma bateria adequada para drone (exemplo):

Capacidade mínima: 5200 mAh

Configuração: 3S1P / 14.8v / 3Cell (3S)

Descarga constante: 10C

Vazão de pico (10seg): 20C

Pacote Peso: 433g

Tamanho da Embalagem: 142 x 49 x 29mm

Plug de Carga: JST-XH

Plug de Descarga: XT60

4.1.4 Tempo de voo

Para calcular o tempo de voo é possível utilizar da fórmula matemática:

Carga da bateria * Descarga (80% para LiPo) / Corrente média consumida

Sendo assim, utilizando alguns valores hipotéticos:
4000mAh e 25A

$$4 * 0,8 / 25 = 7,68 \text{ min de tempo de voo}$$

(com margem de +-10%)

4.1.5 Exemplo de especificação de frame F450 (exemplo)

Peso do Frame: 282g

Peso de decolagem: <2 Kg

Distância entre eixos simetricos: 450 milímetros

Peso de decolagem: 800g - 1200g

04 Braços (2 pretos e 2 vermelhos)

01 Placa top Board

01 Placa bottom Board

24 Parafusos de fixação dos braços

16 Parafusos de fixação para os motores

01 Cinta Abraçadeira com velcro (para bateria)

02 Velcro

4.1.6 Especificações para o rádio controle

Rádio com no mínimo 6 canais de comunicação, com frequências de acordo com a tabela abaixo:

Transmissor	Frequência	Potência máxima de transmissão
Rádio Controle	2,4GHz	400mW
Data Link	2,4GHz	400mW
	900 MHz	250mW
Video Link	2,4GHz	400mW
	5,8GHz	600mW

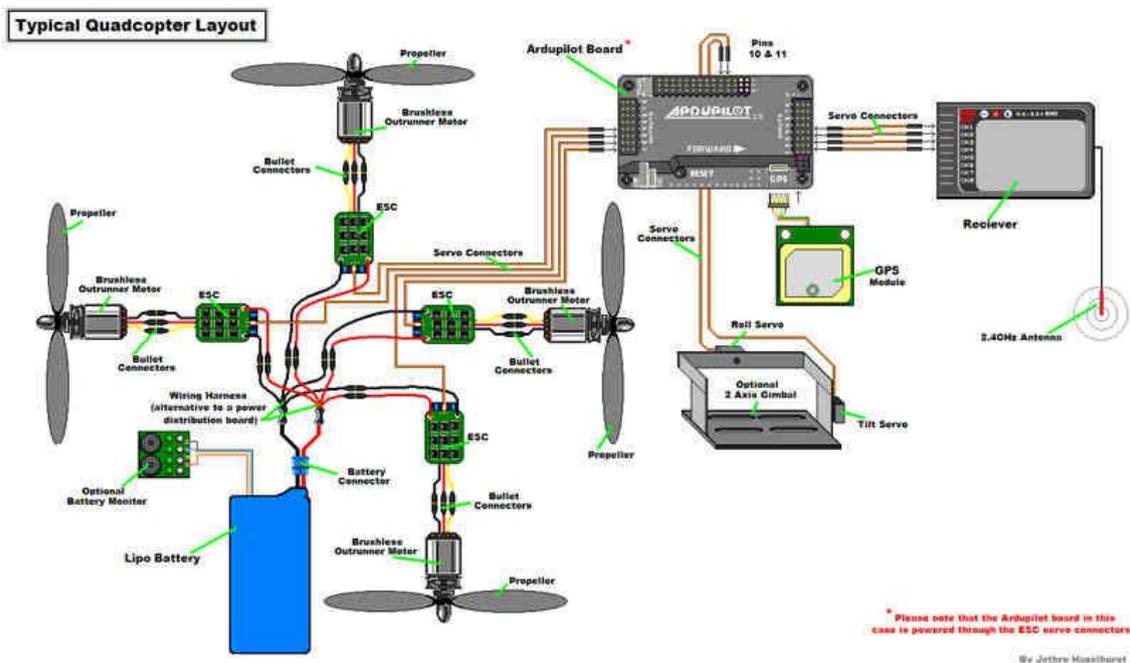
4.1.7 Calibragem

A calibragem do drone é feita via Mission Planner e é fundamental para ajustar os sensores e parâmetros do drone de forma correta e integrar todos os componentes a controladora para que possam funcionar como uma unidade. Segue a lista de calibrações feitas pela equipe de programação.

- Checar firmware instalado.
- Ajuste e calibração do acelerômetro.
- Ajuste e calibração do barômetro e bússola.
- Ajustar canais e modos de voo com o rádio conectado à APM 2.6 ;
- Checar funcionamento do rádio.
- Checar funcionamento de sensores e servos extras.

Após os esses passos, são realizados testes de voo manualmente via rádio controle, a fim de garantir total funcionamento do drone.

4.2. Layout de conexões do drone APM



4.3 Passo a passo da montagem

- Limpar peças antes da montagem.
- Aparafusar frame as placas top e bottom board.
- Inserir e posicionar o velcro na bottom board.
- Conectar os motores BEESC.

- Conectar Hélices.
- Verificar se as hélices foram posicionadas correspondendo aos seus sentidos horário e anti-horário.
- Testar condições elétrico-eletrônicas do módulo de controle (APM), conforme padrões da placa.
- Verificar padrões de pinagem da APM (obs: tais padrões são diferentes, caso seja o modelo APM original ou um clone, verificar sempre o manual da controladora APM, ou utilizar um multímetro para testar as conexões, principalmente a de carga de bateria).
- Posicionar o módulo de controle (APM) no top board.
- Testar se bateria está Ok, antes de inseri-la no drone.
- Colocar a baterias, utilizando o velcro preso ao bottom board.
- Conectar bateria ao APM.
- Conectar cabos de servo e ESC ao APM e ao motor.
- Testar conexões através com o Mission Planer. Para isso, acopla-se um cabo USB do APM a um computador (estação de solo) com Mission Planner.
- Instalar e conectar o GPS.
- Usar o Misson Planner para calibrar a bússola (compass).

Obs: O Mission Planner é um software, open-source (código aberto) e gratuito, desenvolvido para ser uma estação de controle em solo para avião, helicóptero e rover sendo compatível apenas com o Windows. Pode ser usado como um utilitário de configuração ou como um suplemento de controle dinâmico para o seu veículo autônomo.

4.4 Passo a passo da calibragem

- Medição da a altura de cada frame do drone com um traçador de altura da FWP (Identificação: LMD222), um relógio comparador da Pantec (Identificação do relógio comparador: LMD188/ Identificação do suporte: LMD207) e um desempenho (Identificação: LMD349):
- Método utilizado: Medir três (3) vezes a altura de cada frame. O frame A corresponde ao lado esquerdo da frente do drone e, os demais, B, C e D correspondendo aos outros no sentido horário.

Unidade: Milímetro	1ª Leitura	2ª Leitura	3ª Leitura	Resultado de Medição
Frame A	16,718	16,756	16,748	(16,741±0,023) mm
Frame B	16,724	16,720	16,724	(16,723±0,003) mm
Frame C	16,578	16,612	16,598	(16,596±0,020) mm
Frame D	16,632	16,592	16,606	(16,610±0,024) mm

- Ajustamento e correção do passo dos motores.
- Ajustamento do centro de gravidade do drone, reduzindo inclinações não convenientes.

4.5 Passo a passo da configuração Drone X Radio controle

- Calibração via Mission Planner para ajustar a frente do drone de forma correta.
- Conectar estação de trabalho ao drone
- Ajustar canais junto ao APM 2.6
- Ajustar canais aos motores via ESC.
- Retirar ligação de estação de trabalho ao drone.
- Ajustar comandos do rádio controle, verificando no manual do rádio os controles que acionam os motores, rotacionam a esquerda e rotacionam a direita.

4.6 Regras de segurança para montagem

- Jamais mexer no drone com hélices sem luvas e óculos.
- Nunca mexer com o drone com hélices em ambientes fechados menores que 60 m².
- Nunca testar a montagem do drone com hélices em lugar fechado, sem que o mesmo esteja conectado a uma superfície que não o permita ir a voos horizontais ou verticais.
- **Nunca testar ou operar o drone com hélices sem a presença de um professor orientador.**

- Nunca mexer na parte elétrica ou mecânica do drone sem um supervisor maior de idade autorizado para acompanhar os procedimentos.
- Todos os procedimentos de montagem realizados sobre o drone devem ser anotados em um diário de bordo feito a cada dia, mesmo quando nada ocorrer.
- O ajuste do controle deve ser feito de modo a não se deve colocar o controle no modo de ponto-morto, sem antes parar o drone e desfazer a ligação com a bateria.
- Usar calças compridas e sapatos fechados.
- Se tiver cabelo comprido, usar rede ou outro tipo de protetor para escondê-los (evitando-se acidentes com as hélices em movimento).

5 Procedimentos para testes

- Fazer testes em lugares abertos.
- Guardar distância de até 3 metros do drone.
- Começar com baixa rotação.
- Ao aumentar a rotação, se o drone apresentar comportamento diverso ao natural, para a rotação.
- Se o drone estiver ok, estabilizar voo em até, no máximo 5 metros acima do solo (para teste).
- Testar movimentação do drone, sem que o mesmo se afaste mais de um metro da posição de lançamento.

6. Procedimento para voo

6.1 Verificação pre-voo

- Ver se baterias e outros instrumentos estão bem acoplados.
- Ver se o controle está bem ajustado.
- Manter limpa e aberta a área de voo.
- Verificar condições do tempo.

6.2 Recomendações para voo

- **Altura mínima e máxima**
Antes de pilotar com o drone em alturas grandes, fazer testes em uma altura mais baixa para observar o funcionamento do mesmo. Dessa forma, caso tenha alguma falha evidente, não há o risco do drone cair de uma altura considerável e causar algum dano. A altura máxima permitida pelo Departamento de Aviação Civil Brasileira para drones é de 400 pés do chão, ou seja, cerca de 121,2 metros.
Obs: Para competição a altura máxima será 50 metros.
- **Observar condições climáticas**
Os drones podem ter o voo prejudicado por causa de correntes de ventos mais fortes e, por isso, é fundamental checar a previsão do tempo antes de pilotar o drone. Verificar, com aplicativos próprios, as condições climáticas atuais e futuras. Dados a serem vistos: velocidade do vento, previsão de chuva, altura de nuvens. Não é recomendado colocar o drone em ação caso esteja chovendo, nem em locais com temperatura muito baixa, já que isso pode danificar a bateria e demais equipamentos internos.
- **Atualizar do firmware dos drones**
Garantir o update do firmware do Ardupilot (APM) do drone. Dessa forma, o usuário recebe correções de possíveis bugs ou erros que possam atrapalhar o voo e ainda funções mais completas disponibilizadas pela fabricante do APM. Alguns programas ainda mostram locais proibidos ou ilegais para voos. Acessar o site do fabricante do APM ou sites que falam sobre as versões atuais para o modelo de Ardupilot (APM) que está sendo utilizado. Conferir se o drone está atualizado quando se planejar para pilotar.

- Revisar o Hardware do drone antes do teste
Procurar por fissuras ou peças faltando, principalmente nas hélices e hastes. As vezes durante o voo o drone acaba soltando algum item que precisa ser consertado antes do próximo voo. Conferir a firmeza das hastes, se está tudo conectado de forma correta. Em seguida, conferir se todos os dispositivos acoplados (câmera, GPS, baterias), estão bem acoplados, para não haver descolamento dos mesmos durante o voo. Qualquer rachadura encontrada deve indicar a substituição da peça por outra mais nova.
- Retorno a base
Caso o drone esteja com essa configuração, é importante ajustar um destino de base para retornar. Com isso, conferir o sinal de GPS, observar se algo pode bloquear a localização e só voar se não houver interferências de sinais. Esses ajustes podem ser feitos no programa interno do drone ou no controle disponível. Também é importante ajustar uma altura mínima, para que o aeromodelo não bata em alguma árvore no caminho, por exemplo.
- Local de testes
Só testar voo em lugares abertos. Deve-se estabelecer o terreno no qual vai colocar seu drone para voar. É importante que seja uma área aberta e ampla. O Departamento de Aviação Civil Brasileiro determina que os drones devem ser evitados na presença de público grande, antes de ter completa segurança de voo. Os drones devem ser operados em locais suficientemente distantes de áreas densamente povoadas e os motorizados precisam ficar longe de instalações sensíveis ao ruído, como hospitais, escolas e templos religiosos. É proibida a operação de drones nas zonas de aproximação e decolagem de aviões ou helicópteros, por exemplo. Não se deve colocar o drone para voar em locais fechados sem segurança, pois representa um risco e ainda pode haver quebra do equipamento com esbarrões em paredes ou móveis. O local de testes deve ter telas de proteção, os operadores devem guardar distancia de três metros do drone, devem ficar fora da zona de voo horizontal programado, caso o drone não voo só verticalmente. Deve-se utilizar uma quadra de esportes ou similar para testes. Nos testes, não deve acumular público em pelo menos 20 metros do centro de testes do

drone. Os operadores devem usar óculos de proteção e bonés para proteger a cabeça.

- **Verificar a bateria ou carga do drone**
Antes de voar, verificar o slot da bateria no drone e verificar possíveis problemas. Caso esteja tudo visualmente certo, garantir que a carga esteja completamente cheia. Há softwares de controle que possibilitam visualizar o nível de energia, mas há uma margem de erro (aprox. 20%), para que o drone consiga pousar com sucesso.
- **Conhecer as limitações do drone**
Cada modelo de drone com seu Ardupilot oferece funções próprias, carga de bateria, altura máxima alcançada e demais itens que devem ser decorados antes de colocar ele para voar. Para cada modelo de Ardupilot procurar ver as informações extras como velocidade de voo, tempo para subir e descer, além de recursos como GPS e câmeras integradas.
- **Verificar Controle**
Ver o manual do controle que está sendo utilizado de modo a verificar troubleshootings que possam vir a ocorrer. Jamais usar controles sem dominar o manual de operações do mesmo. Consultar em sites especializados sobre ocorrências e erros do controle com o drone e APM utilizados, de modo a verificar quais problemas já ocorreram e como foram consertados. Fazer isso antes de iniciar a operação do mesmo. Jamais operar o controle sem ter domínio de seus elementos operacionais e problemas.

7. Apêndice:

7.1 Regras Gerais e Básicas de Segurança:

- NUNCA OPERAR, MONTAR, MEXER OU TESTAR O DRONE SEM A PRESENÇA DE UM ADULTO RESPONSÁVEL.
- NUNCA OPERAR O DRONE COM HÉLICES EM SALAS MENORES QUE 60 M².
- NUNCA OPERAR O DRONE COM HELICES ESTANDO A UMA DISTÂNCIA MENOR QUE 3 METROS DO CENTRO DE PARTIDA DO DRONE.
- NUNCA FICAR A FRENTE DE CAMINHO DO DRONE EM CASO DE VOO HORIZONTAL
- NUNCA OPERAR UM TESTE DE VOO EM SALA FECHADA COM CAMINHO HORIZONTAL OU VERTICAL. CASO PRECISE TESTAR O DRONE EM VOO, SÓ REALIZAR TESTES DE VOO EM AMBIENTE ABERTO.
- CASO PRECISE TESTAR HELICES E MOTORES EM SALA FECHADA, PRENDER O DRONE EM UMA SUPERFÍCIE SÓLIDA PARA IMPEDIR VOO HORIZONTAL E VERTICAL
- EM HIPÓTESE NENHUMA TOCAR NO DRONE SE ELE ESTIVER SENDO TESTADO COM HELICE. SÓ MEXER QUANDO AS HELICES ESTIVEREM TOTALMENTE PARADAS.
- USAR SEMPRE LUVAS E ÓCULOS PROTETORES AO MEXER NO DRONE.

7.2 Orientações legais

<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>

<http://mundogeo.com/blog/2017/03/29/21-respostas-da-anac-sobre-a-regulamentacao-dos-drones-no-brasil/>

7.3 Referências bibliográficas

<http://blog.droneng.com.br/conheca-mission-planner/>

<https://www.modelismobh.com.br>

<http://montandoumquadricoptero.blogspot.com.br/2013/09/identificando-os-componentes-do.html>