

CURSO DE PILOTAGEM DE DRONES



**CORPO DE
BOMBEIROS
MILITAR**
ESPIRITO SANTO



GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria da Segurança Pública
e Defesa Social

#DefesaCivilSomosTodosNos

— Quem sou eu



— Um pouco de história



As primeiras imagens aéreas que temos notícia foram geradas dentro de um balão por Gaspard Felix Tournachon em 1858



Posteriormente, em 1903, outras imagens foram obtidas através de câmeras fotográficas instaladas em pombos, com equipamentos desenvolvidos por Julius Neubronner, o equipamento pesava aproximadamente 70 gramas



Registro de Schlosshotel Kronberg (dá até para ver as asas da pomba!)

— Um pouco de história



O primeiro registro de fotografias aéreas obtido por um avião com uso em mapeamento foi do Capitão Tardivo, oficial britânico que, em 1913, apresentou um trabalho descrevendo o processo em uma reunião da sociedade Internacional de Fotogrametria em Viena, na Áustria



Fotografias aéreas em agosto de 1943, Corpo de Fuzileiros da Marinha Americana



Restituidores Analíticos
(Final dos anos 70)

— Os primeiros drones



Os primeiros DRONES surgiram por volta dos anos de 1960, mas foi durante os anos de 1980 que começaram a ganhar atenção mundial devido ao seu uso militar

O DRONE, como conhecemos hoje, foi desenvolvido pelo engenheiro espacial israelita **Abraham Karem**

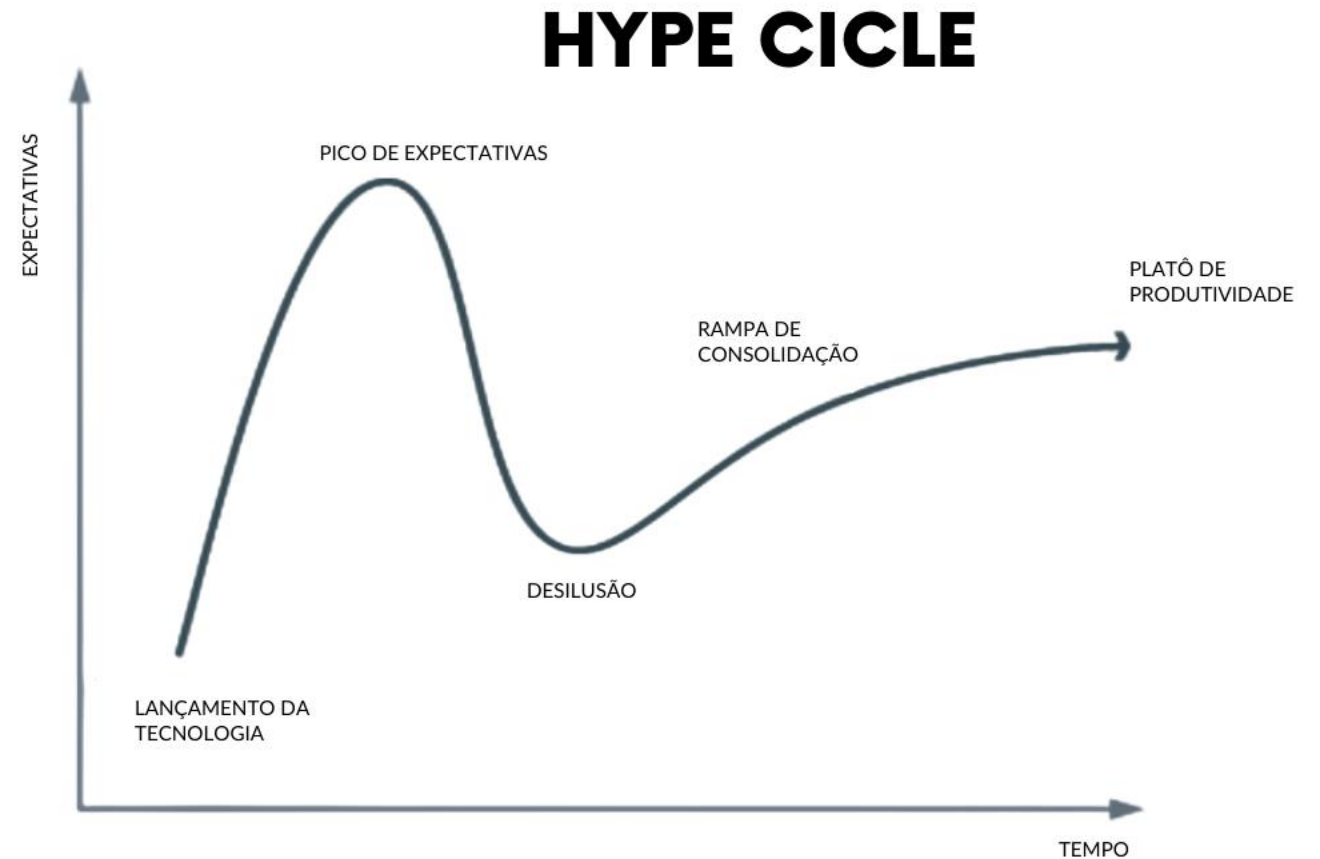
Segundo Karem, quando ele chegou nos Estados Unidos da América, em 1977, para controlar um drone eram necessárias 30 pessoas

Ele desenvolveu o Aquila, que voava em média alguns minutos

— Um drone para cada necessidade



— Expectativa x Realidade



Organização da Aviação Civil (OACI)

Os “drones” são denominados UAS - *Unmanned Aircraft System*, ou em português, Sistema de Aeronaves não Tripuladas.

Aeronave

“Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da Terra” (ICA - Instrução do Comando da Aeronáutica 100-40. DECEA 2023).

Legislação

Possui regras próprias que diferem da já conhecida atividade de aeromodelismo e, por isso, precisa de certificação e autorização para voo.

— O que é um UAS, RPA ou VANT?





— Layout de um sistema

O layout de um UAS, provavelmente, será imaginado como um UAS de asa fixa ou um multirrotor, entretanto, existem inúmeras plataformas e combinações desses sistemas, por exemplo: 01 motor (similar a um helicóptero), multirrotores de 3,4, 6, 8 ou mais motores e os híbridos que usam motores elétricos e combustão combinados, dentre outros.

— Multicóptero ou multirrotor

O multicóptero ou multirrotor é o tipo mais popular de projeto de aeronaves não tripuladas. Nessa configuração, é utilizado múltiplos rotores para fornecer sustentação a aeronave, em vez de usar um único rotor como fonte de sustentação, como ocorre em um helicóptero.

Por meio da variação de velocidade dos motores é possível controlar a direção e o sentido do voo, resultando em tração e em torque diferenciais.

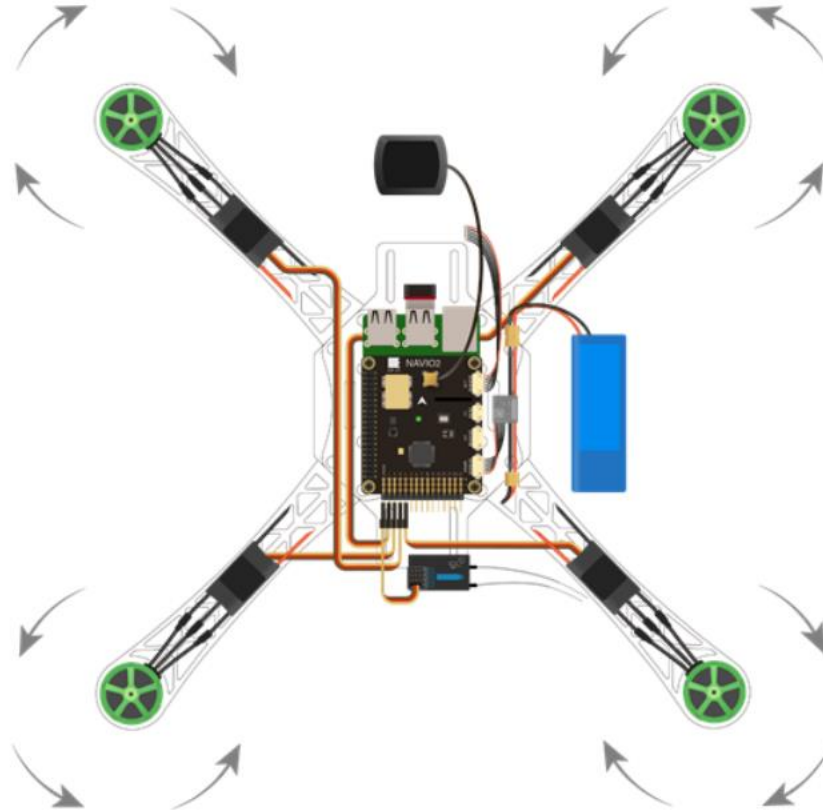
A classificação de multirrotores é realizada pelo número de rotores que empregam, como por exemplo octocopter

Muito raramente, vemos UAS classificados como de pás de passo variável (variable pitch) ou sistemas de propulsão por ducted fan



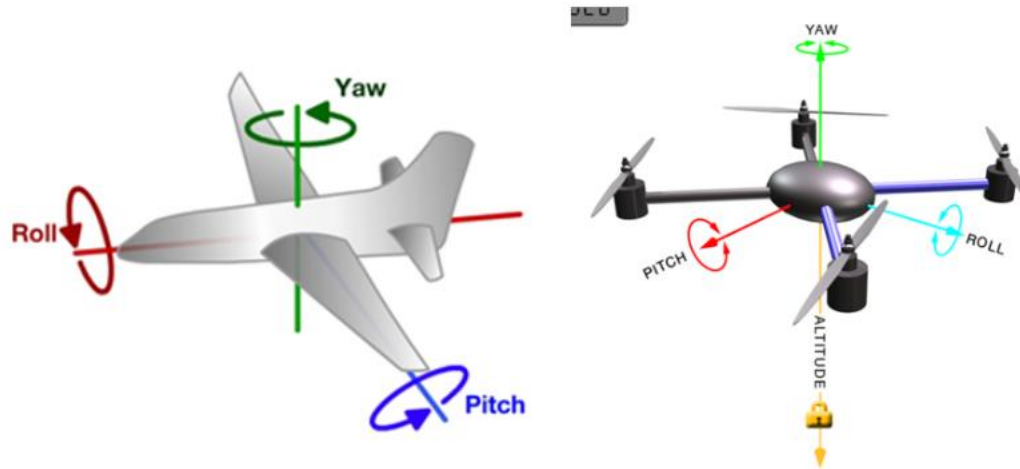


— Layout de sistema multirotor



[Os UAS usam rotores para propulsão. Nos de asa fixa, usa-se a velocidade do ar passando pelas asas para dar sustentação. No de asa rotativa, a sustentação é dada pelo vortex gerado pelas hélices.

[Um UAS pode fazer duas coisas no plano vertical: subir ou descer. Já no plano horizontal são três movimentos: deslizar (para frente e para trás), deslizar (para direita e para esquerda) e rodar em torno do próprio eixo.



— **Como um UAS voa e quais são seus movimentos**

— As asas rotativas (hélices)

As asas rotativas são constituídas por pás. Uma pá, assim como todo perfil aerodinâmico é dividida em seções:

Cambra inferior

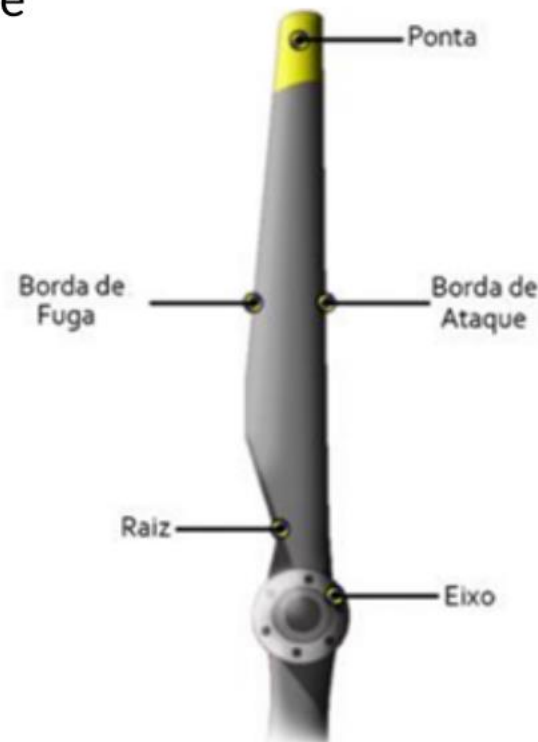
Parte ventral

Cambra superior

Parte dorçal

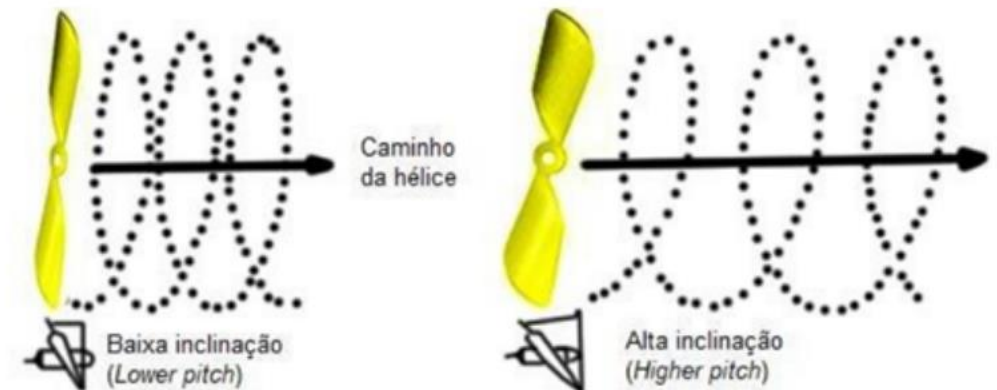
Corda

Distância entre o bordo de ataque e o de fuga



Ângulo – o ângulo de uma pá de hélice é dado em graus, determinado pelo ângulo entre a corda da pá e o plano de rotação da hélice.

Passo - É a distância percorrida pela hélice em uma evolução.





— Os motores

Basicamente existem dois grandes segmentos de motores em RPAS: motores elétricos(produzem movimento a partir da energia fornecida por baterias ou geradores) e motores a combustão (produzem movimento mecânico por meio da queima de combustível). Neste treinamento só falaremos do Brushless (elétrico).



— Sustentação

A performance de voo (autonomia e estabilidade) varia de acordo com a altitude, sendo superior em cidades que estão no nível do mar.

A densidade do ar em grandes altitudes é bem menor, exigindo maior trabalho dos motores dos UAS para garantir a sustentação da aeronave. Se há um maior trabalho dos motores, há um maior consumo de bateria, diminuindo a sua autonomia.

Em razão do ar ser menos denso, os movimentos dos UAS ficarão mais rápidos e um pouco mais difíceis de controlar.

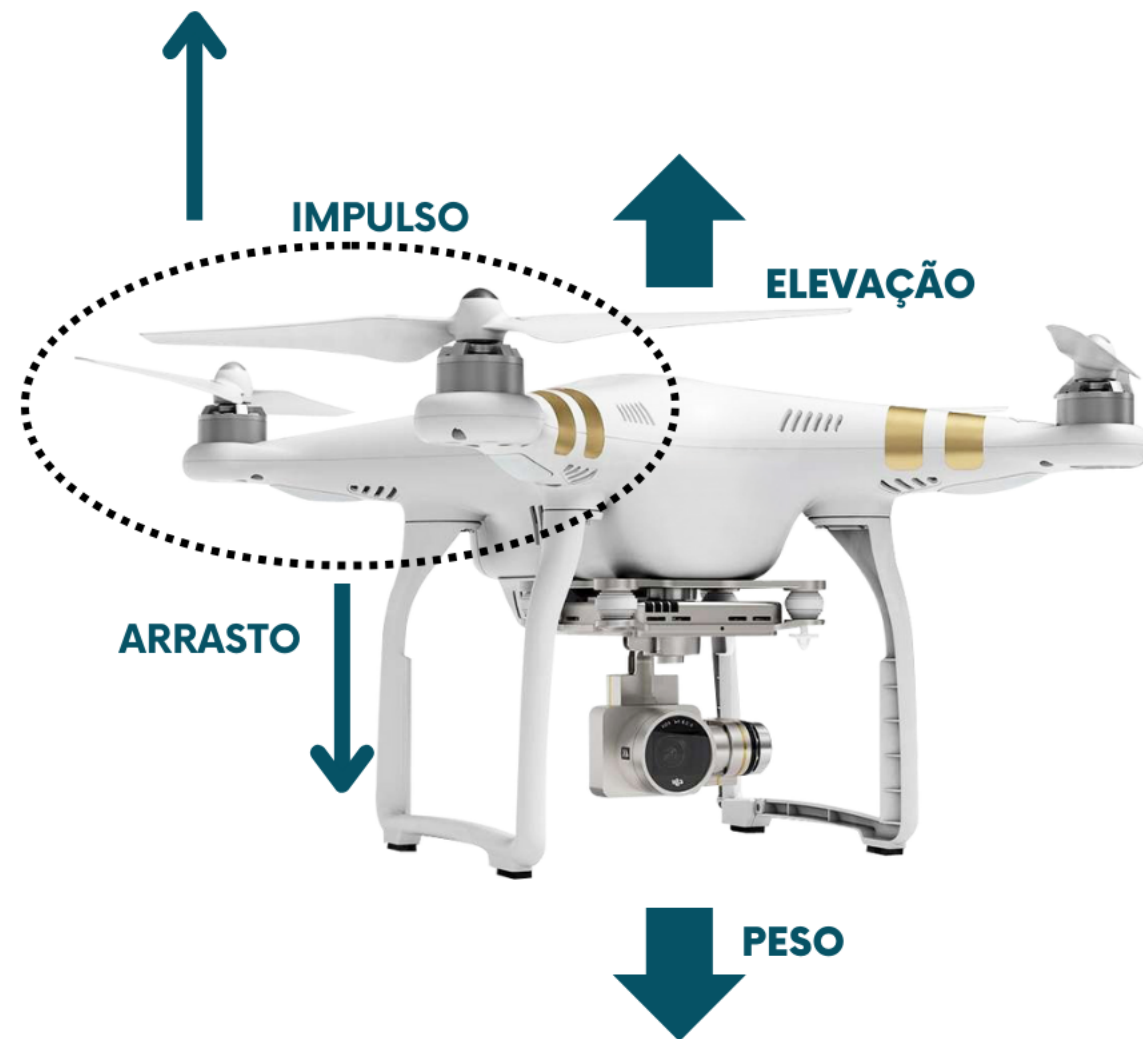
Nos equipamentos DJI, podemos observar na especificação o limite de altitude para operação, que geralmente varia entre 3000 e 5000 m, dependendo do modelo.

ALTITUDE

Distância de um ponto em relação ao nível do mar

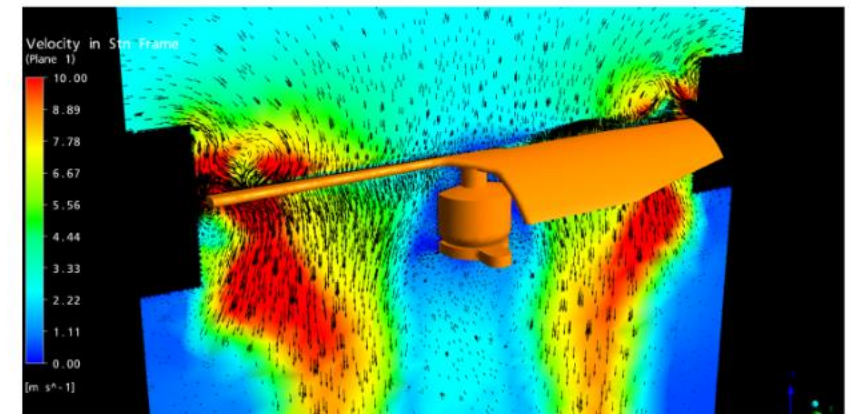
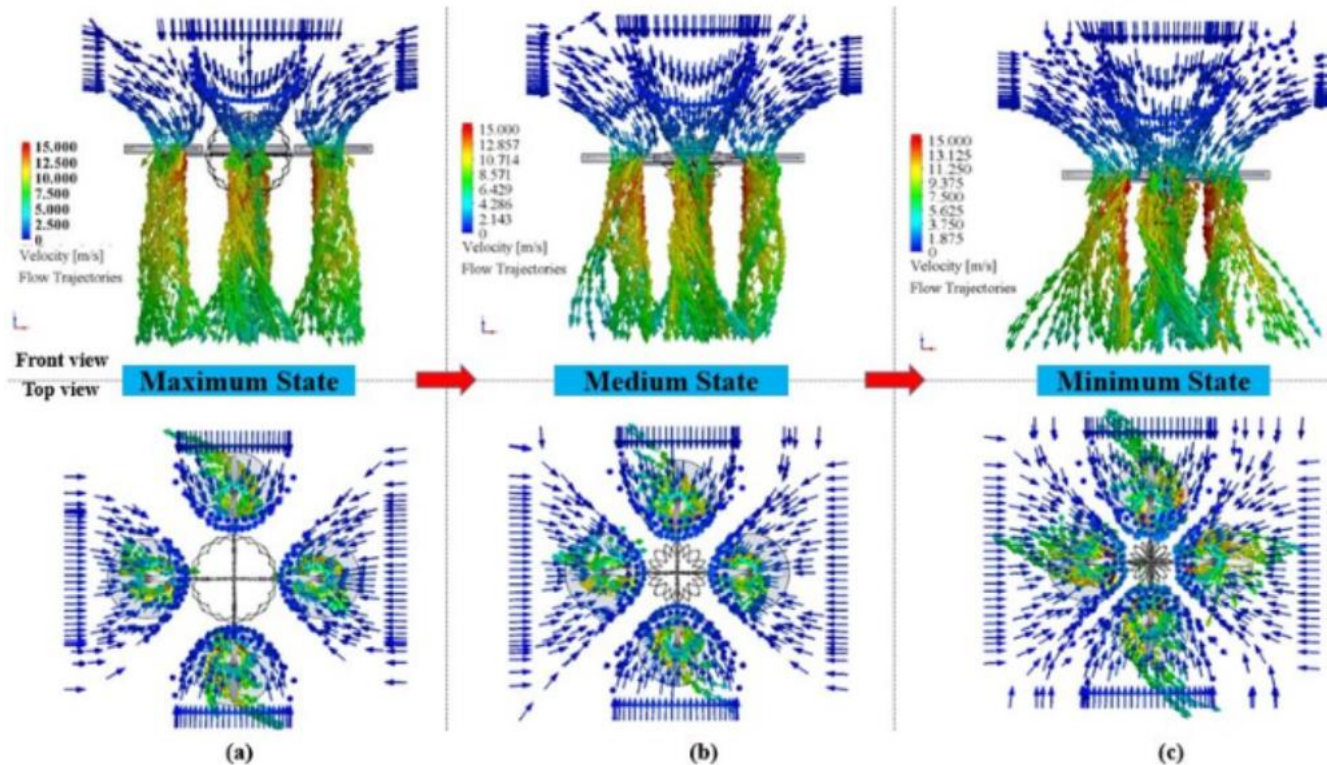
ALTURA

Distância de um ponto em relação ao nível do terreno

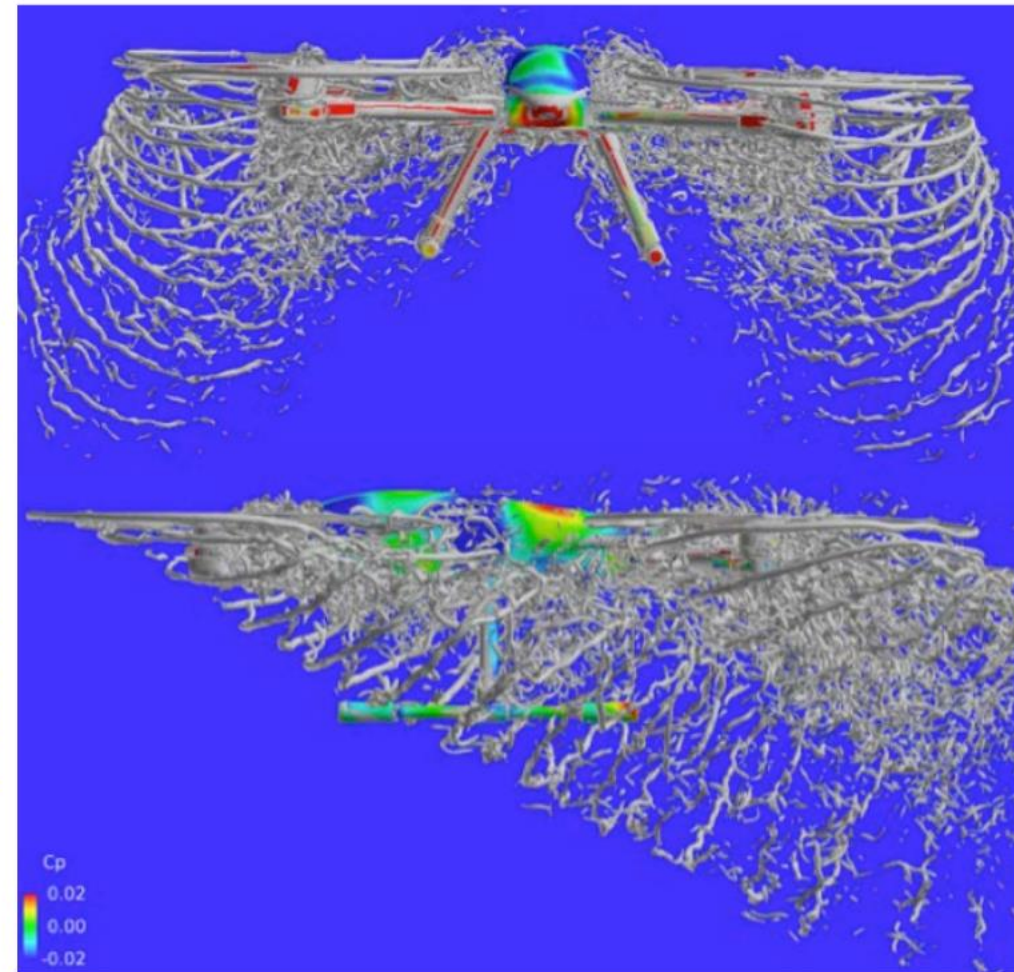
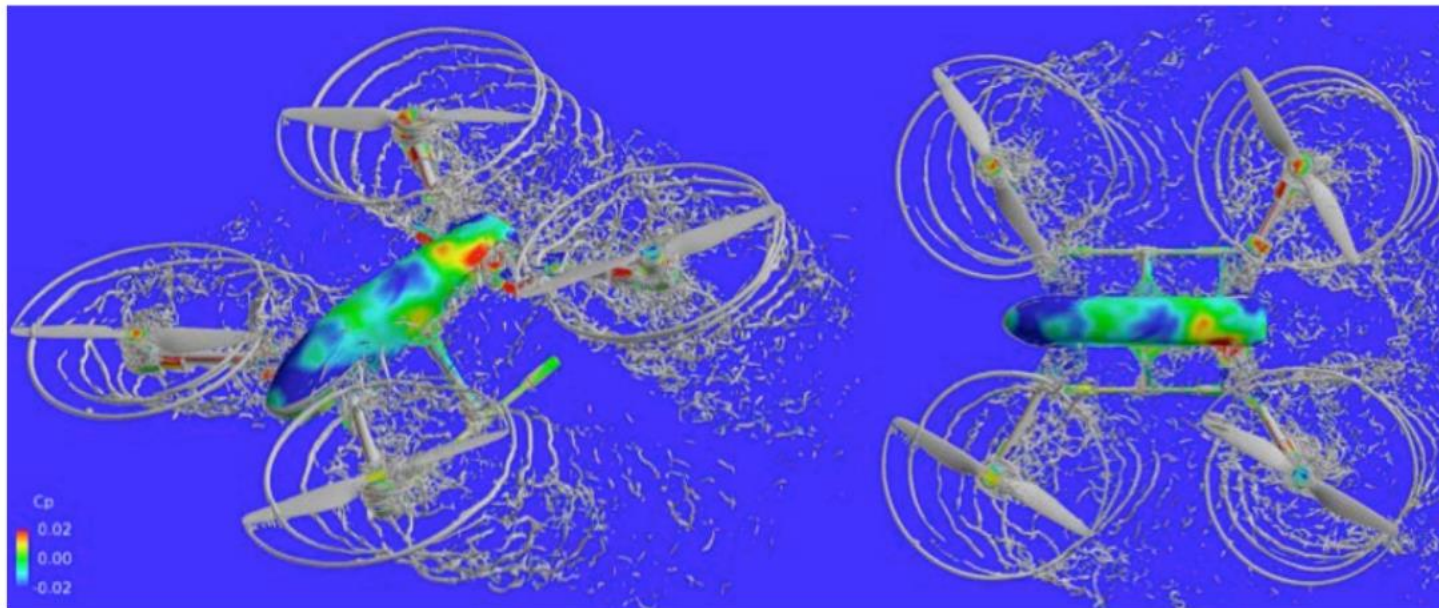


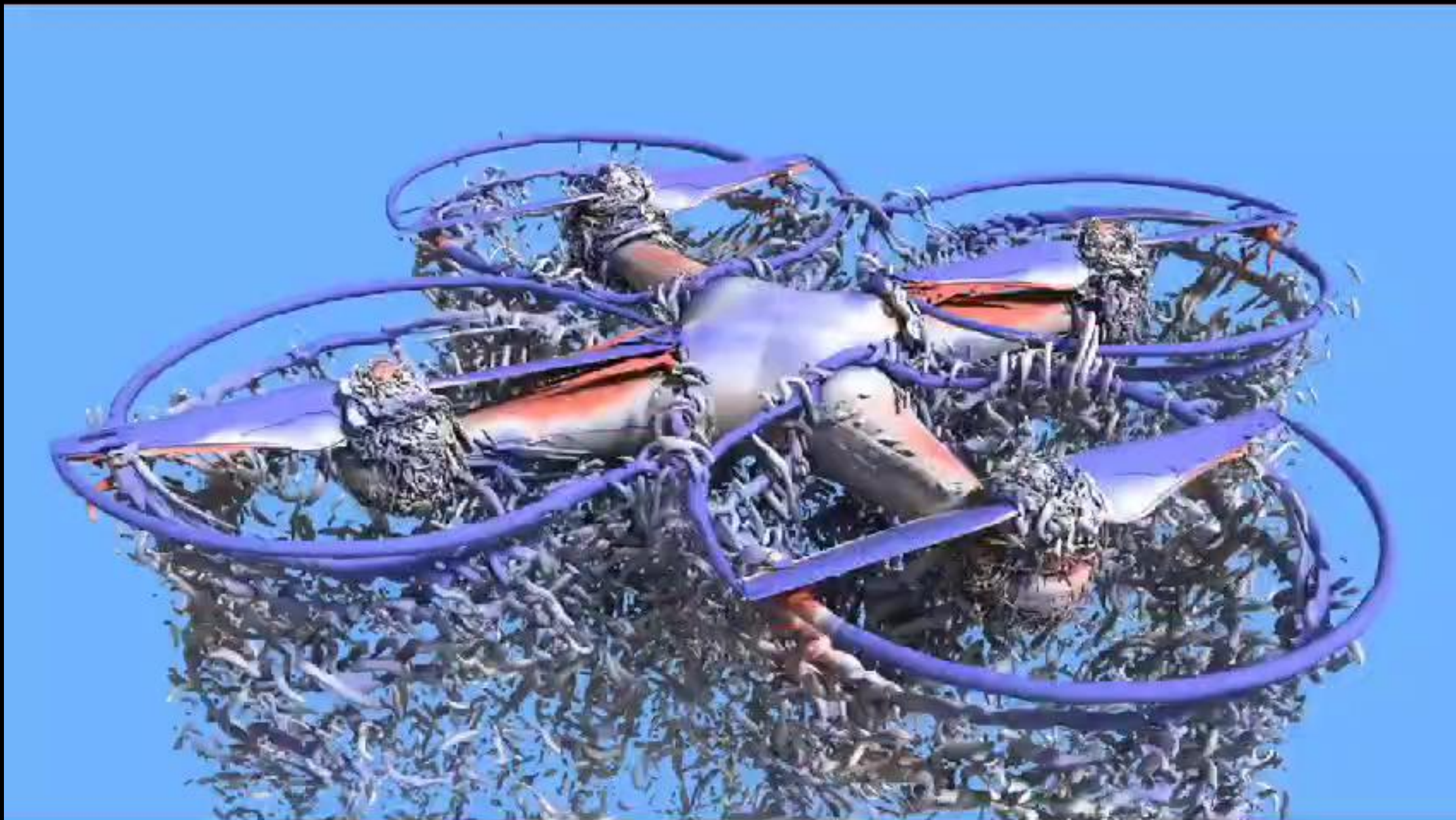
— Efeito solo

O chamado “efeito solo” na aviação nada mais é do que a manifestação da famosa Terceira Lei de Newton, que coloca que para toda ação há sempre uma reação! No caso do voo de RPA, o fluxo de ar induzido pela rotação das asas rotativas gera uma pressão na parte inferior da aeronave.



— Aerodinâmica





— Stol

[Um estol ocorre quando o fluxo de ar que flui sobre a asa da aeronave é interrompido, e a sustentação degenera rapidamente, o que pode causar a queda de sua aeronave. Em um estol, sua asa não pode gerar elevação adequada para sustentar o voo nivelado, e isso acontece quando um piloto excede o ângulo crítico de ataque



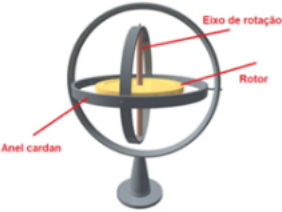


— Envelope de segurança de voo

Envelope de segurança de voo são os dispositivos de segurança que garantem a operação da aeronave dentro do centro de gravidade para uma operação segura do equipamento.

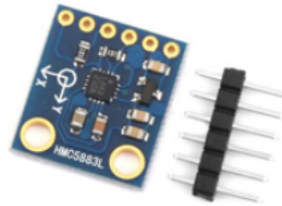
Giroscópio

é um aparelho que pode ser deslocado de qualquer modo sem que a direção do eixo de rotação se modifique



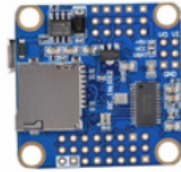
Bússola / Magnetômetro

é o sensor capaz de medir o campo magnético da Terra e usá-lo para determinar a direção do RPAS em relação ao Norte magnético



Barômetro

é um instrumento que mede a pressão atmosférica, acoplado em uma placa controladora de voo.



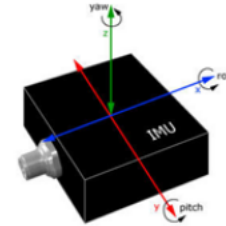
GPS

(GPS – Global Position System) é um aparelho que capta os sinais enviados por uma constelação de satélites em órbita da Terra para determinar sua localização geográfica específica, de acordo com um determinado sistema de coordenadas



IMU

Unidade de Medição de Inércia



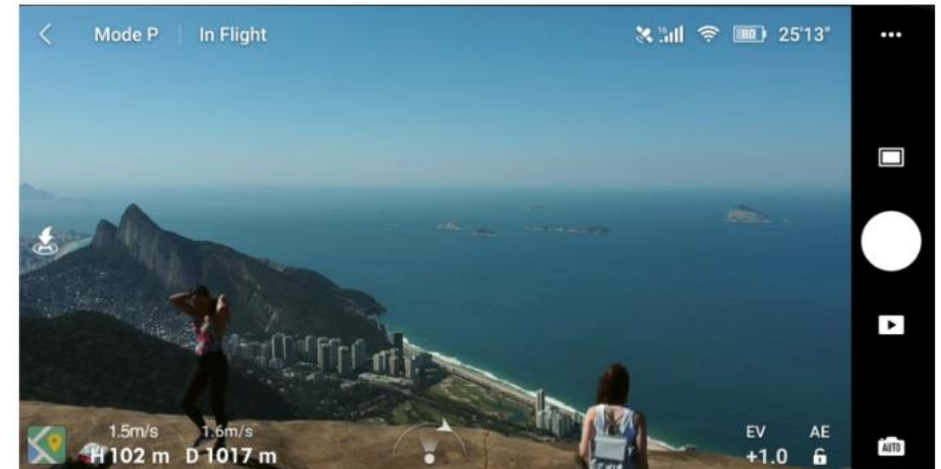
Telemetria

Sistema de monitoramento das condições operacionais do drone

Sensores de distância

Utilizados para evitar a colisão com objetos

— Carga de Trabalho para o Piloto





— **Controles
de um UAS**

— Frequência de operação

[Radiofrequência são sinais difundidos via condutores cabeados, e são irradiados no ar através de antenas. Essas antenas convertem um sinal de formato cabeado em um sinal sem fio e vice-versa. O resultado dessas ondas eletromagnéticas são sinais irradiados no ar que são espalhados por todas as direções

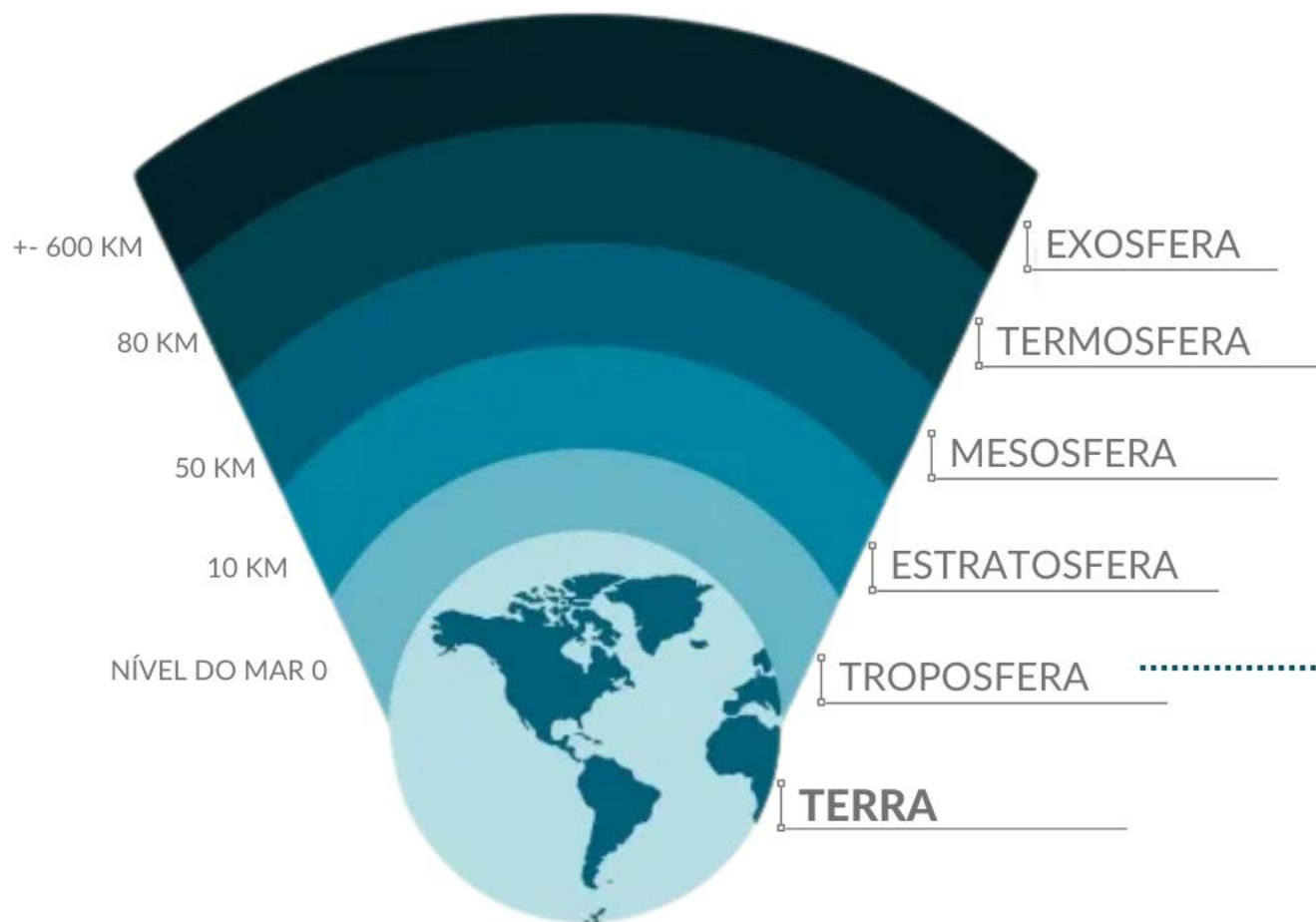
[Existem dois tipos de ondas, as mecânicas e as eletromagnéticas. As mecânicas são ondas que não se propagam no vácuo, são produzidas por alguma forma de vibração num meio material, seja ele sólido, líquido ou gasoso, como por exemplo, uma onda na água ou a vibração de uma corda. As ondas eletromagnéticas são produzidas por variação de um campo elétrico e um campo magnético, logo se propagam no vácuo

➤ 2.4GHz (2.3 para 2.4GHz) – Utilizado para voos FPV e vídeos à longa distância com poucos obstáculos

➤ 5.8GHz – Ótima para curtas distâncias – Sofre muito impacto de obstruções como paredes e árvores

— Atmosfera

A atmosfera terrestre é a camada de gases que envolve a Terra e que não se dissipa, devido à ação da gravidade



É a camada atmosférica mais inferior, correspondendo por cerca de 80% do peso total da atmosfera. Sua espessura média é de aproximadamente 12 km, chegando a 17 km nos trópicos e reduzindo-se a cerca de 7 km nos polos.

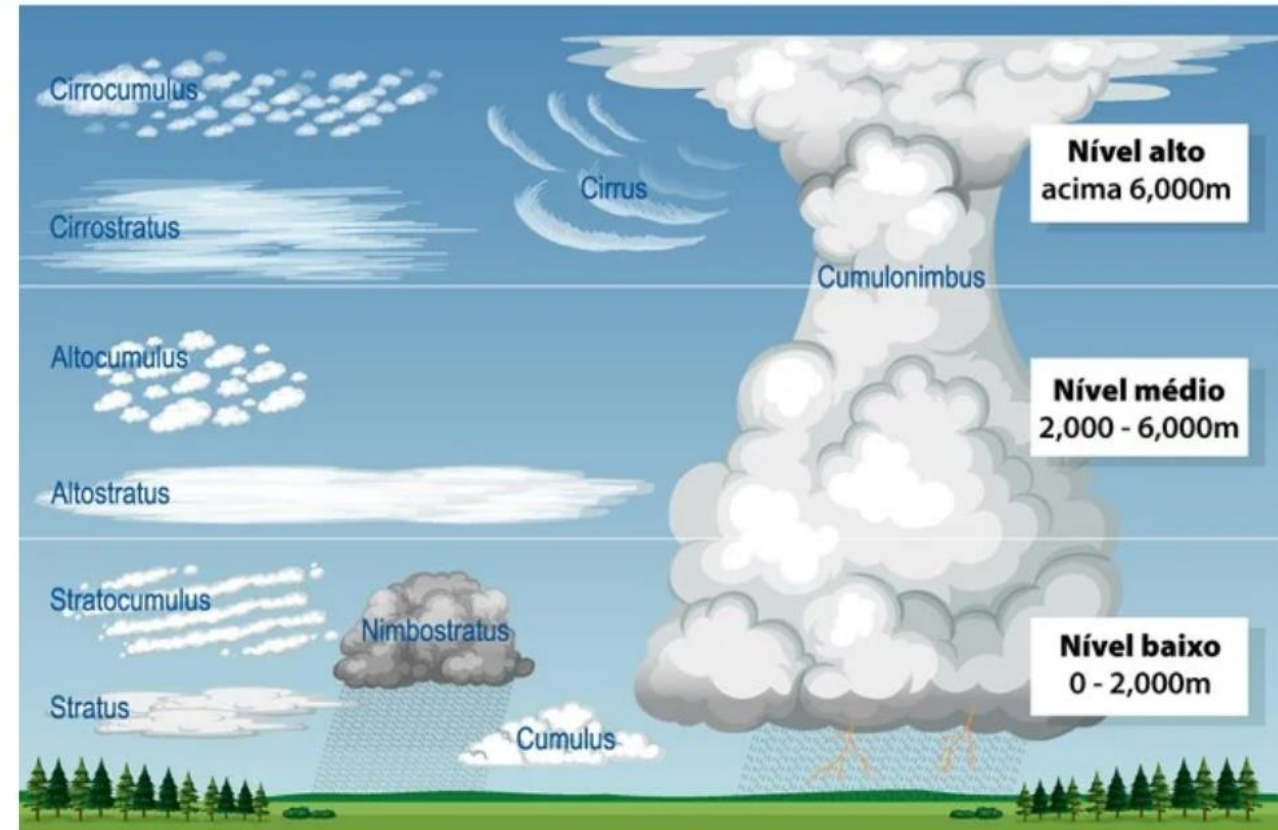
É a camada mais importante, porque é a única em que os seres vivos podem respirar normalmente e é nela que ocorrem praticamente todos os fenômenos meteorológicos.

— Nuvens

[São aglomerados visíveis de partículas de água nos estados líquido e/ou de gelo. Esses aglomerados, que ficam suspensos na atmosfera, podem conter também partículas de poeiras, fumaças e vapores industriais.

[Compostas de partículas de água ou de gelo ou de ambos os estados ao mesmo tempo. Normalmente as nuvens altas são constituídas essencialmente por gelo, as médias são constituídas por gelo e água e as baixas são constituídas, exclusivamente, por água.

[Nas baixas altitude estão as nuvens: stratus, nimbostratus, Stratocumulus e cumulus. Atitude: de 0 a 2000 metros.

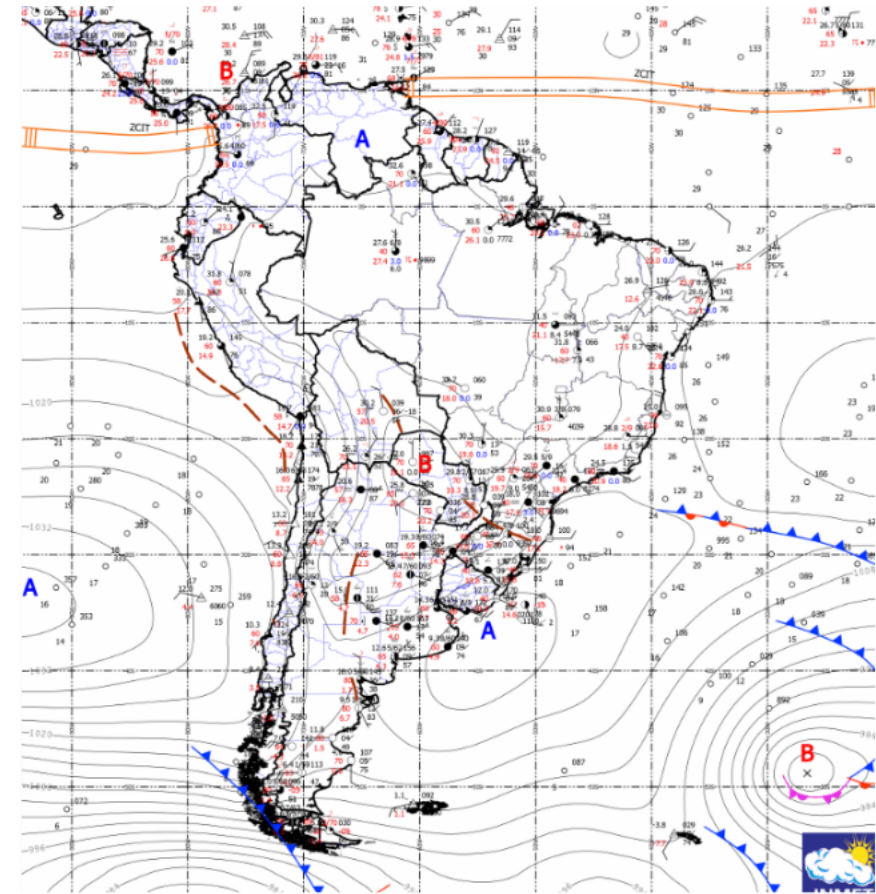


— Ventos

[Ventos são movimentos de massas de ar de áreas com pressões atmosféricas mais altas com direção às mais baixas, variando de acordo com altitude, relevo e localidade.

[Cada equipamento tem uma tolerância a ventos específica, que é informada pelo fabricante. Voar fora destes limites pode ter resultados desastrosos, tendo em vista que o equipamento pode não ter força para vencer a resistência quando está contra o vento e também adquirir velocidades extremas muito rapidamente quando se está a favor.

[A resistência de um drone ao vento é resultado de um conjunto de fatores, como tamanho das hélices, giro do motor e peso. Um drone como o MAVIC 2, por exemplo, não deve voar com ventos acima de 34 km/h.



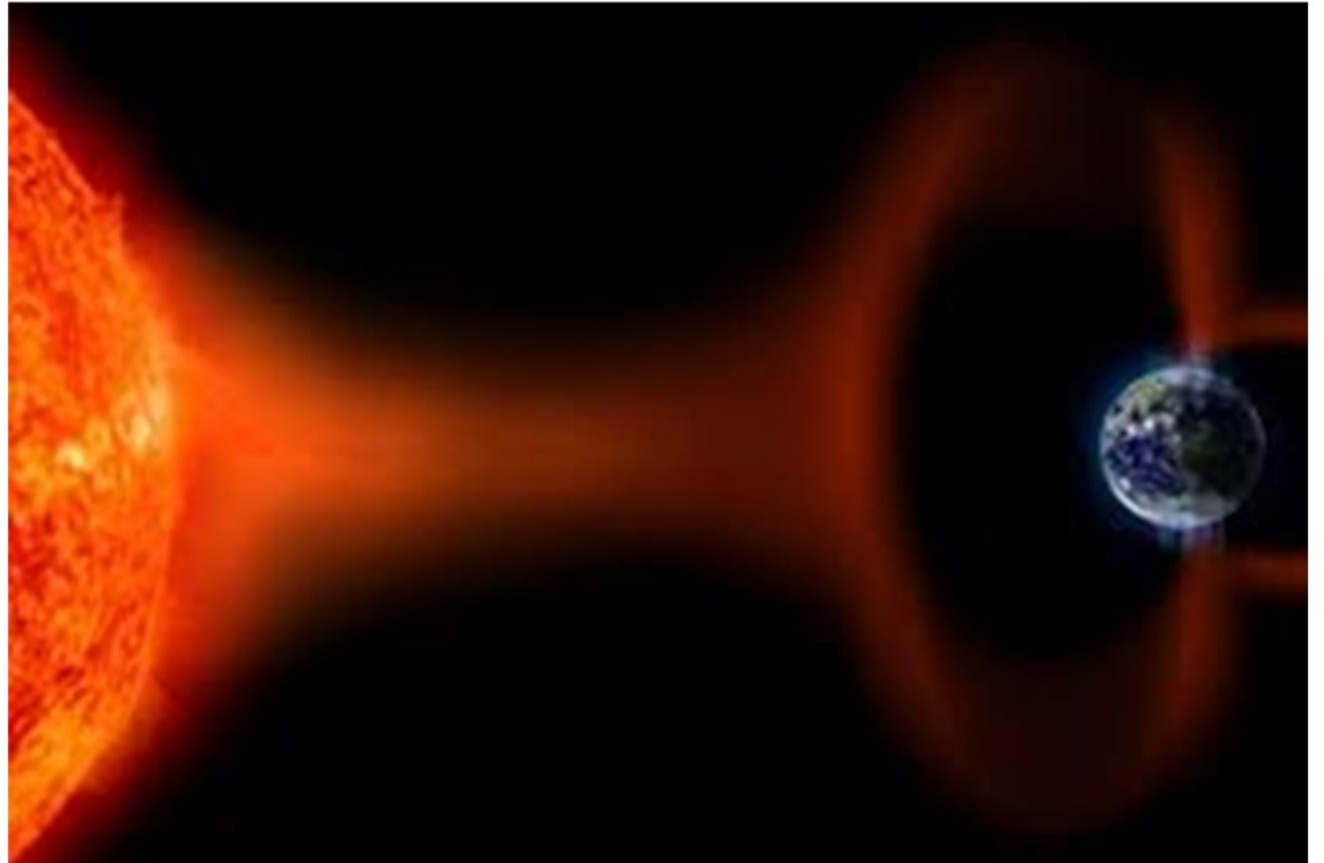
Jamais ignore as condições climáticas para praticar um voo de UAS, pois chuvas e ventos podem causar sérios acidentes quanto se pilota equipamentos que não são preparados para tais condições, além de serem a principal causa de ocorrência de *fly away*, situação em que o UAS ignora os comandos e "vai embora".

— Tempestades magnéticas

As tempestades solares podem ocasionar interferências em todo tipo de comunicação terrestre, incluindo a comunicação com o drone, é prudente verificar o índice KP antes de cada voo e não voar com índices altos.

Indicação de APP

Magnetology



— Interferência em bússula

A bússola eletrônica é suscetível a interferências eletromagnéticas, isso significa que você não deve calibrar, decolar ou voar próximo a campos magnéticos fortes.

Enquanto o GPS é responsável por informar o posicionamento do drone, a bússula é responsável por informar para que lado está apontado o nariz do equipamento, uma bússula sob interferência vai afetar diretamente a navegação.

Algumas fontes de interferência

Estruturas Metálicas

Caixas de som

Equipamentos

Eletrônicos em Geral

Subestação de Energia (influência grande em distâncias consideráveis)

Paredões de pedra com nível alto de ferro

— Interferência no GPS

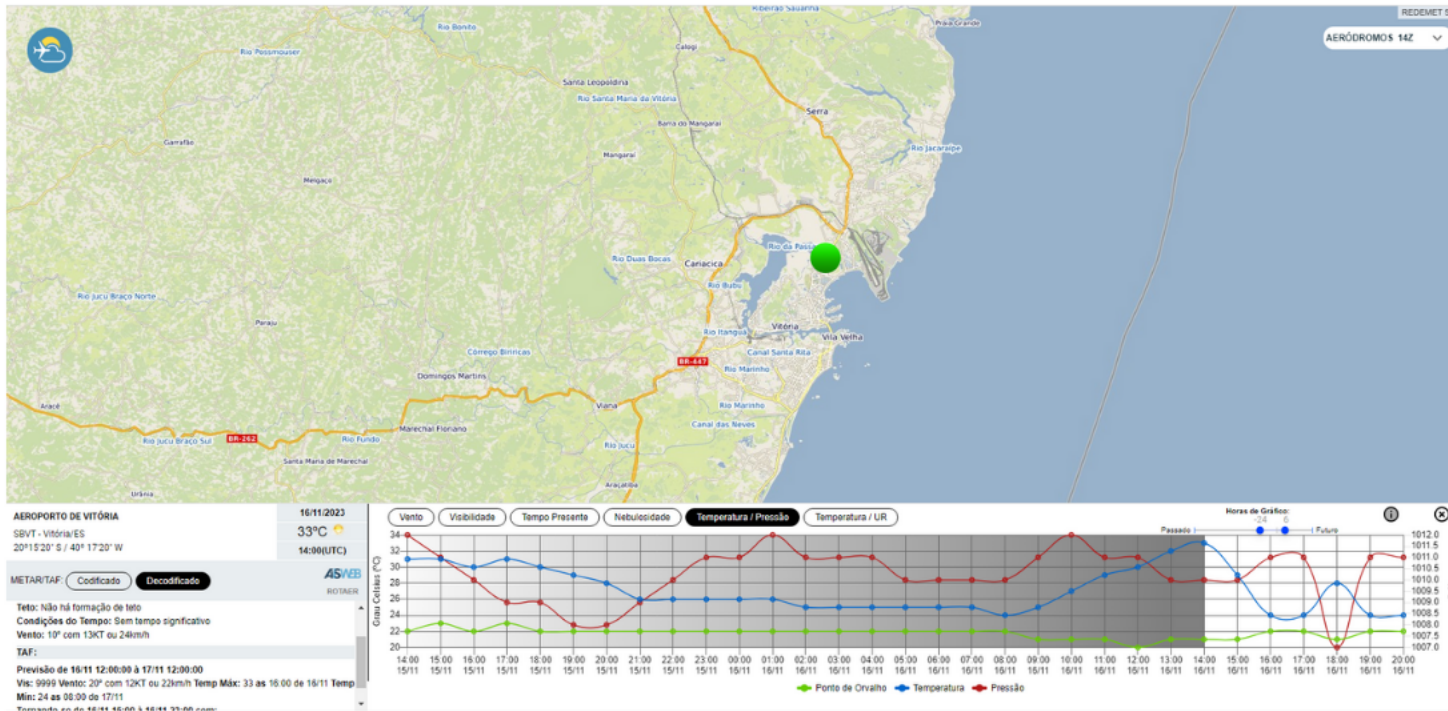
GPS e GLONASS.

Os satélites enviam sinais em broadcast, o receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) do drone capta, decodifica e estima a posição baseado na posição do satélite e no tempo decorrido para o sinal chegar do satélite até a aeronave. No mínimo, 6 satélites são necessários para uma boa precisão. Em receptores GNSS atuais, esse número facilmente passa de 15.

Dito isto, devemos saber que nessa transmissão podem ocorrer diversos erros, como erro de tempo, de refração ionosférica e troposférica, erro na estação de controle terrestre que ajusta a posição do satélite, etc.



— Rede de meteorologia



Comando da aeronáutica

— O céu não é só nosso



— O céu não é só nosso



Gavião-carijó



Gavião-gato



Gavião-urubu



Gavião-carapateiro



Carcará



Bem-ti-vi



Anu-branco



Coruja-orelhuda



Coruja-buraqueira



Coruja-de-igreja



Anu-preto



Talha-mar

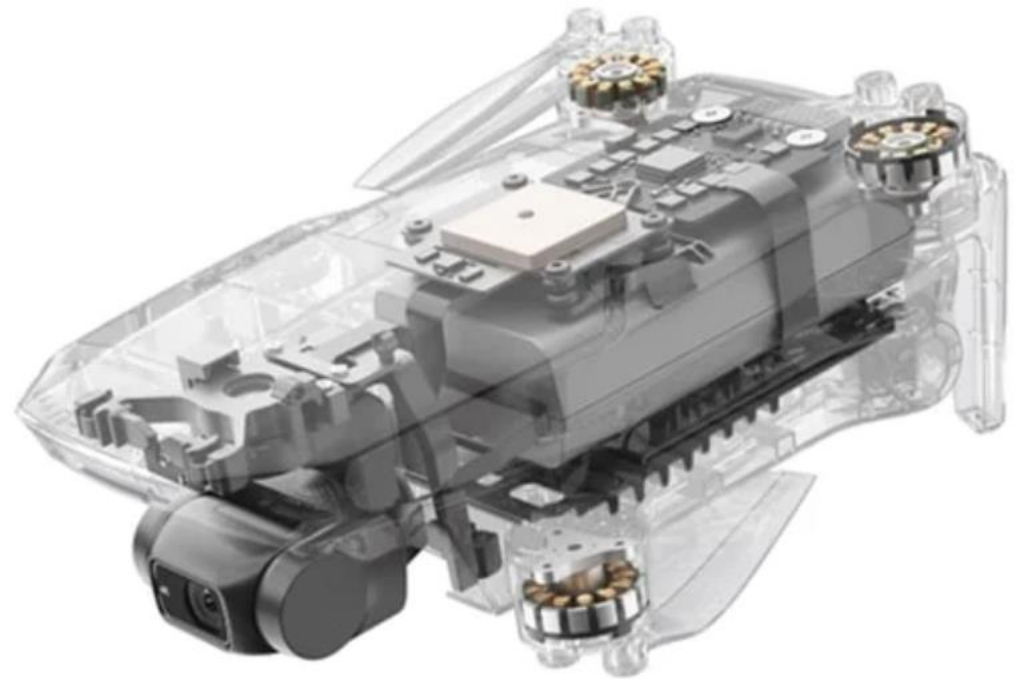


Atobá



Quero-quero

— O RPA do MINI 2



— O RPA do IEMA

CARACTERÍSTICAS

Resistência a ventos - 29-38 km/h

Tempo de voo máximo de 31 minutos

10km de transmissão de vídeo

Velocidade máxima (perto do nível do mar, sem vento): 16 m/s (Modo S), 10 m/s (Modo N) e 6 m/s (Modo C)

Ângulo máximo de inclinação: 40 ° (Modo S), 25 ° (Modo N) e 25 ° (Modo C).
Obs - Até 40 ° sob ventos fortes

Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) – GPS + GLONASS + GALILEO.

Hovering Accuracy Range: Vertical: $\pm 0,1$ m (com posicionamento de visão), $\pm 0,5$ m (com posicionamento de GPS)

— Regulamento da ANAC

Drones RPA de Classe 1

peso mínimo de
decolagem superior a
150 kg

Drones RPA de Classe 2

peso de decolagem
superior a 25 kg e
inferior a 150 kg

Drones RPA de Classe 3

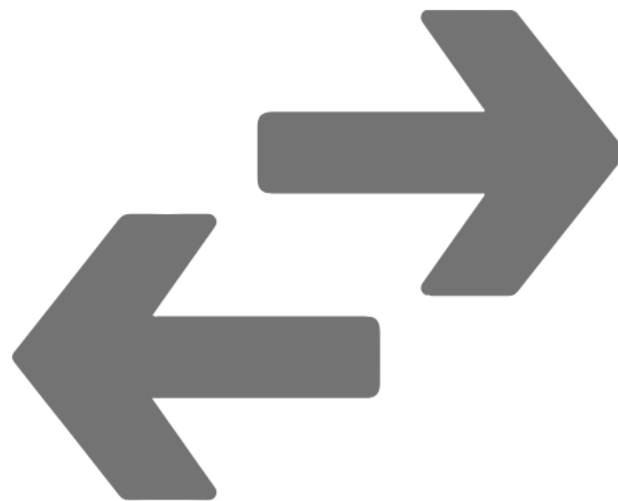
peso máximo de
decolagem até 25 kg)

[Os RPAS durante a aplicação de agrotóxicos e afins, sobre áreas desabitadas, são classificados como Classe 3, independentemente do peso máximo de decolagem da RPA, desde que operando VLOS ou EVLOS e até 400 pés AGL.

— Divergência entre órgãos

ANAC

Abaixo de 250g não há nenhuma exigência na regulamentação, devido ao baixo potencial lesivo.



DECEA

Aeronaves com peso máximo de decolagem de 249 g estão dispensadas de registro.

— Regulamento da ANAC

Operação BVLOS

Beyond Visual Line of Sight

Operação na qual o piloto não consegue manter o RPA dentro de seu alcance visual, mesmo com a ajuda de um observador.



Operação EVLOS

Beyond Visual Line-of-Sight

Operação na qual o piloto remoto só é capaz de manter contato visual direto com o RPA com auxílio de lentes ou de outros equipamentos e de observadores de RPA.



Operação VLOS

Visual Line-Of-Sight

Operação na qual o piloto mantém o contato visual direto com o RPA (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos).



Para pilotar UAS, todos os pilotos remotos e observadores devem ter no mínimo 18 anos.

— Regulamento da ANAC



NÃO APLICÁVEL SE:

PMD menor que 250 gramas. (E94.103(i))

Houver barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes na eventualidade de um acidente. (E94.3(a)(3))

Operação por 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. (E94.103(g))

— Regulamento da ANAC

Para pilotar aeronaves não tripuladas UAS, todos os pilotos remotos e observadores devem ter no mínimo 18 anos

Todos os operadores UAS com peso máximo de decolagem de até 250g são considerados licenciados, sem necessidade de possuir documento emitido pela ANAC

Serão obrigatórias licença e habilitação emitidas pela ANAC apenas para pilotos de operações com aeronaves não tripuladas UAS das classes 1 (peso mínimo de decolagem de mais de 150 kg) ou 2 (mais de 25 kg e até 150 kg) ou da classe 3 (até 25 Kg) que pretendam voar acima de 400 pés

Pilotos remotos de aeronaves não tripuladas UAS das classes 1 (mais de 150 kg) e 2 (mais de 25 kg e até 150 kg) deverão possuir ainda o Certificado Médico Aeronáutico emitido pela ANAC ou, em alguns casos, pelo DECEA

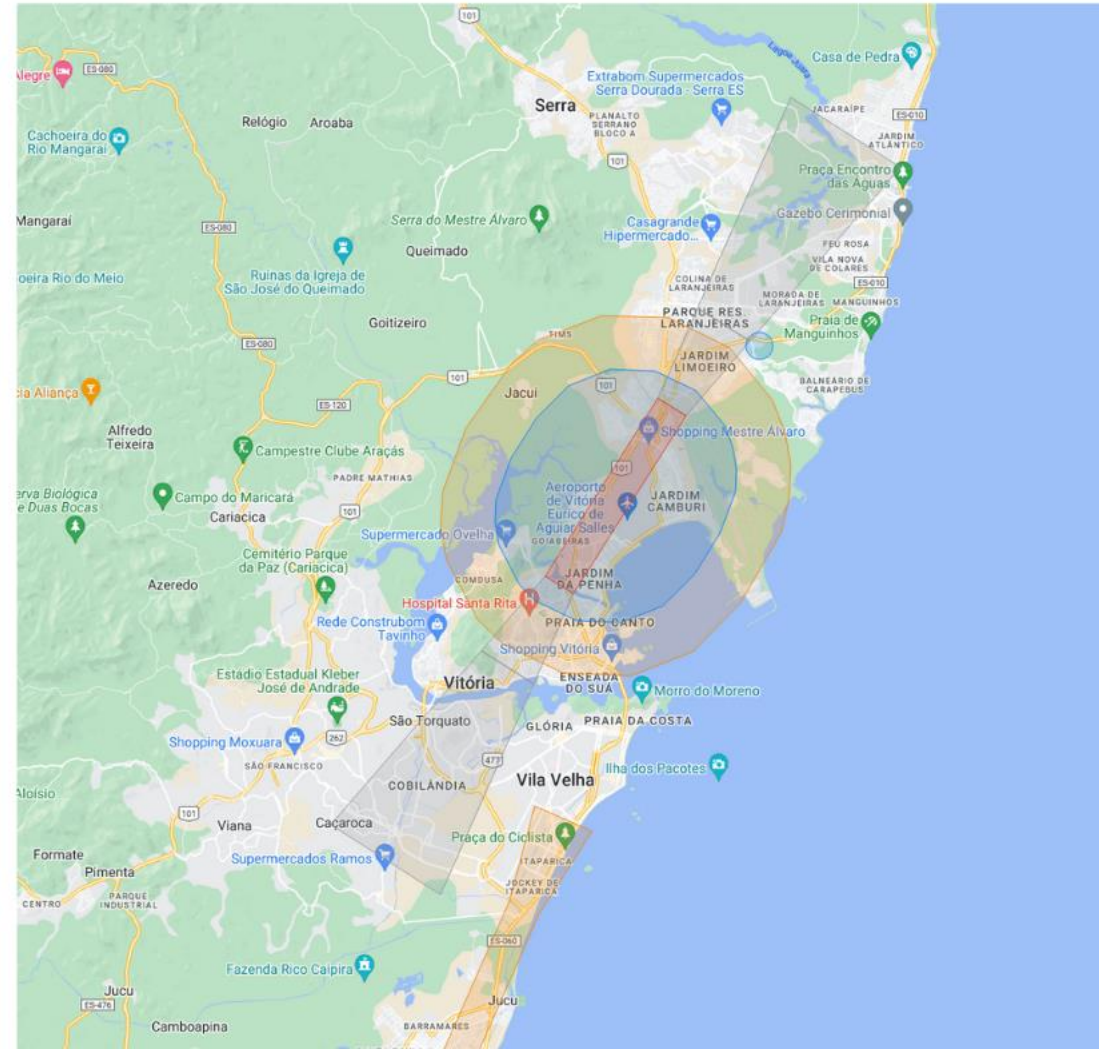
— Regulamento da ANAC

- [Pilotos da classe 3 (até 25kg) que pretendam operar acima de 400 pés também estão obrigados a portar o Certificado Médico Aeronáutico (CMA). Para voar abaixo dessa altitude, dispensa-se o CMA.
- [Todos os voos realizados com equipamentos das classes 1 e 2 (peso mínimo de decolagem maior que 25 kg) precisam ser registrados.
- [Voos com aeronaves da classe 3 (peso máximo de decolagem de até 25 kg) não precisam ser registrados se forem a lazer.
- [Voos com aeromodelos não precisam ser registrados.

	RPA CLASSE 1	RPA CLASSE 2	RPA CLASSE 3	AEROMODELOS
REGISTRO DA AERONAVE?	REGISTRO	CADASTRO	CADASTRO	CADASTRO
APROVAÇÃO OU AUTORIZAÇÃO DO PROJETO?	SIM	SIM	APENAS BVLOS OU ACIMA DE 400 PÉS	NÃO
LIMITE DE IDADE PARA OPERAÇÃO?	SIM	SIM	SIM	NÃO
CERTIFICADO MÉDICO?	SIM	SIM	NÃO	NÃO
LICENÇA E HABILITAÇÃO?	SIM	SIM	APENAS PARA OPS ACIMA DE 400 PÉS	APENAS PARA OPS ACIMA DE 400 PÉS
SEGURO?	SIM	SIM	SIM: RPAS ACIMA DE 250G NÃO: OPS S.P. E PULVERIZAÇÃO	NÃO
AVALIAÇÃO DE RISCO?	SIM	SIM	SIM: RPAS ACIMA DE 250G	NÃO
LOCAL DE OPERAÇÃO	ÁREAS DISTANTES DE TERCEIROS (MÍNIMO 30M PESSOAS NÃO ANUENTES). EXCETO E94.103(g)			

— No-Fly Zones (NFZ) ou Geo Fence

Alguns equipamentos, atualmente, possuem sistemas conhecidos como No-Fly Zones (NFZ) ou Geo Fence que os impedem de serem acionados, quando no interior, ou entrarem voando em áreas previamente determinadas.

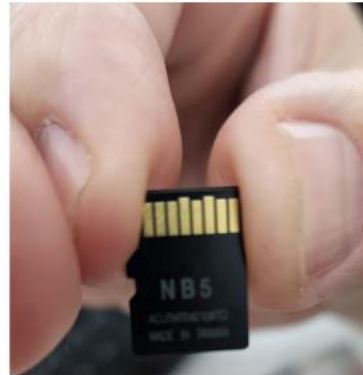
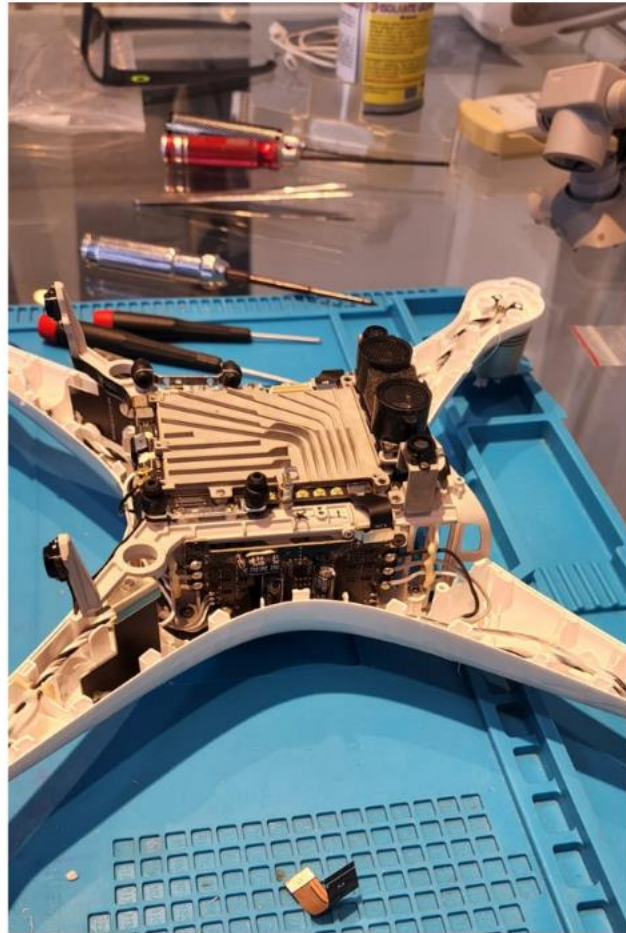


— Avaliação de risco operacional (ARO)



É um procedimento muito importante para voar, saiba o porquê e como pode ajudar na sua operação. A ficha ARO é obrigatória e exigida pela ANAC, Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil - RBAC-E nº 94.
para voo com UAS profissional, visto que a aeronave irá atuar em diversos locais, necessitando uma avaliação prévia do local.

— Os perrengues





OBBIES
Mode P

Bateria fraca do controle remoto



01'13"



● Bateria fraca. Retornando à Base



Retornando à Base



0.0m/s 10.3m/s
H 51m D 1753m



EV AE
0.0 6

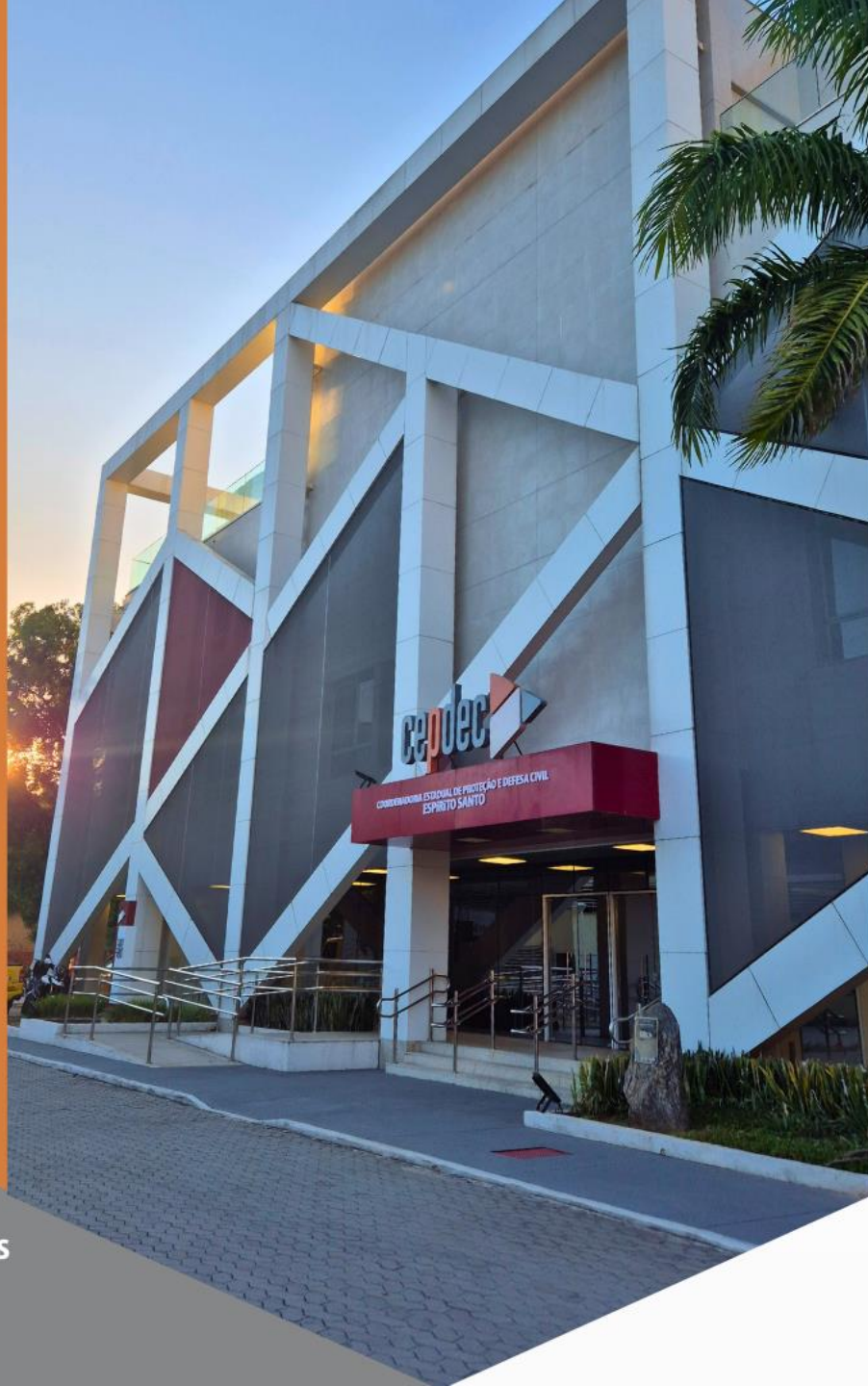
AUTO

FHD



18:17





**CORPO DE
BOMBEIROS
MILITAR**
ESPÍRITO SANTO



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**
Secretaria da Segurança Pública
e Defesa Social

Gilberto Arpini Sipioni
gilberto.sipioni@iema.gov.br



[@defesacivil.es](https://www.instagram.com/defesacivil.es)



www.defesacivil.es.gov.br

#DefesaCivilSomosTodosNos