

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA SERVIÇOS DE MONITORAMENTO DE ÁREAS

Lucas Matheus Lima Leite, lucas.leite.castro@gmail.com¹
Reinaldo Candido dos Santos Neto, reinaldonetof@hotmail.com²
Rômulo Diego Marinho Siqueira, romulodiegoms@hotmail.com³
Prof. Dr. Paulo Cesar M. Doval, paulo.doval@ifma.edu.br⁴

¹ Insitituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Estudante do Curso de Licenciatura em Física.

² Insitituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Estudante do Curso de Engenharia Elétrica.

³ Insitituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Estudante do Curso de Engenharia Mecânica.

⁴ Insitituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Professor Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica.

Resumo: Este trabalho tem por objetivo a concepção de um veículo aéreo não tripulado para serviço de monitoramento de área por controle de tracking e posicionamento dinâmico por GPS (Global Position System), podendo ser operada de forma manual ou semi-automática (com a inserção de waypoints para as missões) tendo os dados de telemetria do voo armazenados na aeronave em SD card. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) consistem em todo tipo de aeronave que não necessita de piloto a bordo para guiá-la. Foi feito um projeto conceitual de uma aeronave capaz de atender as restrições do projeto, sendo analisadas a sua aerodinâmica, estabilidade, controle e desempenho para obtermos um melhor voo durante a missão.

Palavras-chave: VANT, Monitoramento de áreas, Waypoints

1. INTRODUÇÃO

Os VANTs ou drones foram idealizados para fins militares. Inspirados nas bombas voadoras alemãs, do tipo V-1, e nos inofensivos aeromodelos rádio-controlados, estas máquinas voadoras de última geração foram concebidas, projetadas e construídas para serem usadas em missões muito perigosas para serem executadas por seres humanos, nas áreas de inteligência militar, apoio e controle de tiro de artilharia, apoio aéreo a tropas de infantaria e cavalaria no campo de batalha, controle de mísseis de cruzeiro, atividades de patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, atividades de busca e resgate, entre outras. Eles são muitas vezes preferidos para missões que são "maçantes ou perigosas".

Este trabalho tem por objetivo a construção de um veículo aéreo não tripulado para serviço de monitoramento de área por controle de tracking e posicionamento dinâmico por GPS (Global Position System), podendo ser operada de forma manual ou semi-automática (com a inserção de waypoints para as missões) tendo os dados de telemetria do voo sendo transmitidos em tempo real.

- Levantar os dados sobre a construção e o uso de VANT, assim como pesquisa bibliográfica.
- Estudar aspecto de aerodinâmica e desempenho de aeronaves.
- Implantação de waypoint para retorno à posição inicial quando fora de alcance e/ou perda de sinal.
- Produzir manual de usuário e de especificações do VANT.

O projeto conceitual é a fase do processo onde se inicia a concepção do artefato, seguindo as necessidades as restrições definidas para o projeto. Para início da concepção do projeto estima-se o peso total do Vant com base no peso dos componentes que serão inseridos no mesmo. Na Tab. 1 tem-se a estimativa do peso do Vant.

Tabela 1. Estimativa do peso inicial

Componente	Quantidade	Massa (g)	Total
Fuselagem	1	500	500
Bateria	5	450	2250
Servo-motores	4	50	200
Câmera	1	100	100
Arduino+GPS	1	120	120
Transmissor de Video	1	60	60
Esc	1	30	30
Motor	1	400	400
Aeronave	1	700	700
			3860

A segunda etapa do conceito do Vant é determinar sua configuração em relação à: posição de asa, configuração motora, etc.

2. METODOLOGIA

As restrições de projeto correspondem as limitações que serão usadas como base para o dimensionamento do Vant.

- Limite de máximo de massa do vant: MTOW (W_0) = 5kg
- Tempo de voo: $t_{voo} \geq 2h$
- Pack de bateria distinta para motor e sistemas elétricos.
- Norma Regulamentadora: FAR part 23.

A princípio a aeronave terá a seguinte configuração: O posicionamento do motor em relação à fuselagem será um uma configuração “Tractor” (motor a frente da aeronave).

O trem de pouso utilizado será o triciclo, que é aquele no qual existem duas rodas principais ou trem principal, geralmente localizado embaixo das asas, e uma roda frontal ou trem do nariz.

Usaremos a asa alta. Esta configuração é melhor nos seguintes aspectos: maior estabilidade lateral da aeronave, menor comprimento de pista necessário para o pouso. Será usado para empenagem a configuração “T invertido”.

2.1. Aerodinâmica

A aerodinâmica é o estudo do movimento de fluidos gasosos, relativo às suas propriedades e características, e às forças que exercem em corpos sólidos neles imersos. O estudo de perfis aerodinâmicos, ou aerofólios, provocou um grande salto no estudo da aerodinâmica. Neste início o desenvolvimento da aerodinâmica esteve intimamente ligado ao desenvolvimento da hidrodinâmica que apresentava problemas similares, e com algumas facilidades experimentais, uma vez que já havia tanques de água circulante na época embora não houvesse túneis de vento.

Quando uma asa se desloca através do ar, o escoamento se divide em uma parcela direcionada para a parte superior e uma para a parte inferior da asa como mostra a figura. Se existir um ângulo positivo entre a asa e a direção do escoamento, o ar é forçado a mudar de direção, assim, a parcela de escoamento na parte inferior da asa é forçada para baixo e em reação a essa mudança de direção do escoamento na parte inferior da asa, a mesma é forçada para cima, ou seja, a asa aplica uma força para baixo no ar e o ar aplica na asa uma força de mesma magnitude no sentido de empurrar a asa para cima. Essa criação da força de sustentação pode ser explicada pela terceira lei de Newton, ou seja, para qualquer força de ação aplicada existe uma reação de mesma intensidade, direção e sentido oposto.

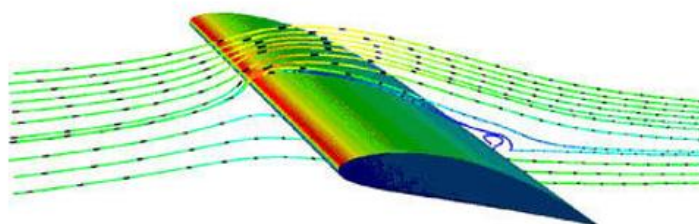


Figura 1. Escoamento sobre a asa.

Para projetar a asa é desejável definir bem as características que ela deve ter, nesse projeto espera-se:

- Razão de Aspecto (AR): $AR > 7$;
- Coeficiente de Sustentação máximo ($CL_{máx}$): $CL_{máx} > 1,6$;

Assumindo $S_w = 0,3m^2$ e assumindo uma razão de aspecto de 7:

$$b = \sqrt{(AR * S_w)} = 1,5m$$

E a corda média é $\bar{c} = \frac{S_w}{b} = \frac{0,3}{1,5} = 0,2m$

Para este projeto busca-se perfis que possuem boa eficiência aerodinâmica (boa relação Cl/Cd) associado com coeficiente de sustentação (Cl) alto para baixo ângulo de ataque, um alto valor para o ângulo de estol do perfil, além de apresentar perda de sustentação suave. Outro item considerado durante a seleção do perfil é a influência do número de Reynolds.

2.2. Desempenho

Escolhemos o motor O.S. 55AX para a propulsão devido a sua maior confiabilidade e regularidade.

Dados da aeronave

- Envergadura: 1.5m
- Comprimento da aeronave: 1 m
- Área da asa: 0.3 m
- Peso máximo de decolagem: 49N

2.2.1. O Diagrama V/N

Analisando as condições de resistências que a aeronave deve ter para cada combinação de velocidade e de fator de carga, foi construído o Diagrama V-n, e baseado nestes fatores de cargas podemos verificá-los devido à manobra ou rajada.

Na verificação dos fatores de cargas de rajadas, foram calculadas as velocidades V_a , V_b e V_d , onde suas fronteiras são definidas através de linhas que ligam o ponto onde a velocidade da aeronave é nula (zero) e o fator de carga unitário até a velocidade respectiva ao fator de carga de rajada encontrado.

2.2.2. Estabilidade Estática

Para se garantir a estabilidade longitudinal estática de uma aeronave o coeficiente angular da curva do coeficiente de momento ao redor do CG em função do ângulo de ataque obrigatoriamente deve ser negativo. Outro critério importante é o ângulo de trimagem, que necessariamente deve ser positivo, dessa forma, uma condição de estabilidade longitudinal estática somente será obtida quando os seguintes critérios forem respeitados:

$$\frac{\partial C_M}{\partial \alpha} = C_{m\alpha} < 0 \text{ e } C_{m0} > 0.$$

(Eq. 1)

3. PROJETO ELÉTRICO

Nesta seção serão apresentados os equipamentos já discutidos que poderão ser usados na construção do VANT elaborado de forma a atender todos os critérios pré-estabelecidos. Para a configuração teremos 5 Servos Motores, 1 Câmera para FPV, Arduino com GPS e 3DR Power Module, transmissor de vídeo Aomway 5.8GHz 1000mW, e 5 baterias.

- Servos

Os servos motores são usados em várias aplicações quando se deseja movimentar algo de forma precisa e controlada. Sua característica mais marcante é a sua capacidade de movimentar o seu braço até uma posição e mantê-lo, mesmo quando sofre uma força em outra direção. O servo escolhido para fazer o teste de bancada foi o S3152 High-Torque da FUTABA.

- Câmera para FPV (first person vídeo)

Será uma câmera pequena com no máximo de 100g, posicionada no bico do aeromodelo, almejando uma captação de imagem do solo que será sobrevoado. A princípio foi discutido uma câmera que é usada comercialmente para drones e multirotores.

- Ardupilot 2.5 + GPS module + 3DR Power Module

O Ardupilot fará com que o VANT voe automaticamente por uma rota pré-estabelecida através dos ways points. O GPS module, é um periférico que irá determinar as coordenadas a cada instante do aeromodelo e o APM irá calculá-las para que sempre o VANT mantenha a rota determinada antes do voo. O 3DR Power Module é outro periférico que irá enviar a quantidade necessária de corrente e tensão para o APM.

- Transmissor de Vídeo

Durante a pesquisa fora fixado que seria usado o transmissor de vídeo Aomway 5.8 GHz de 1000mW. Transmissão de vídeo até no máximo 3km com o conjunto padrão, podendo ser estendido esse raio de alcance para 20km com o acréscimo de antenas no transmissor

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Seleção de Perfil

Outro item considerado durante a seleção do perfil é à influência do número de Reynolds. Sendo assim, estas foram verificadas com o auxílio do *software* XFLR5, onde essa variação do número de Reynolds foi feita de 200000 até 500000, com incremento de 100000. A análise é mostradas nas Figuras de 3 a 6.

Os perfis analisados são: Wortmann FX 74-CL5-140, Selig 1223, Selig1210 e Eppler 423. Nas Figuras de 1 a 4 é mostrado a influência do número de Reynolds sobre cada perfil.

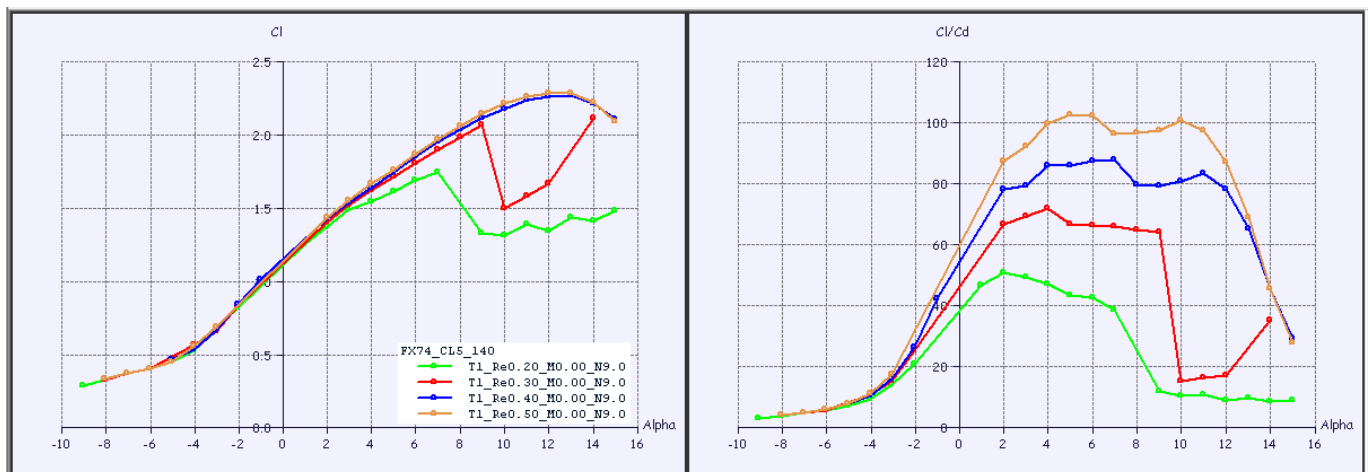


Figura 2. Influência do número de Reynolds nas curvas $C_{l\alpha}$ e $C_{l}/C_{d\alpha}$ do Wortmann FX 74-CL5-140

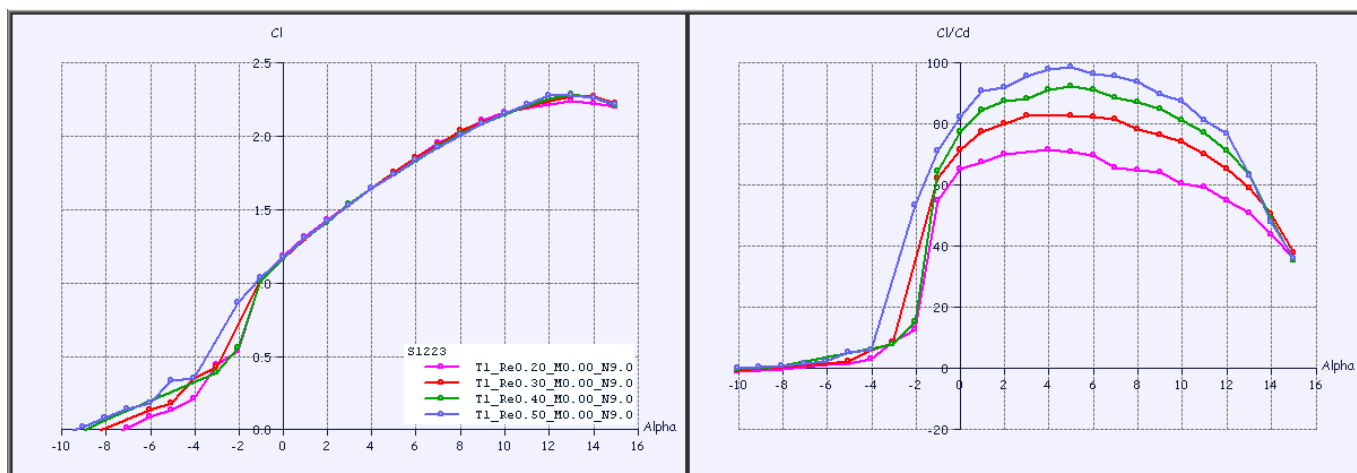


Figura 3. Influência do número de Reynolds nas curvas $C_{l\alpha}$ e $C_l/C_{d\alpha}$ do Selig 1223

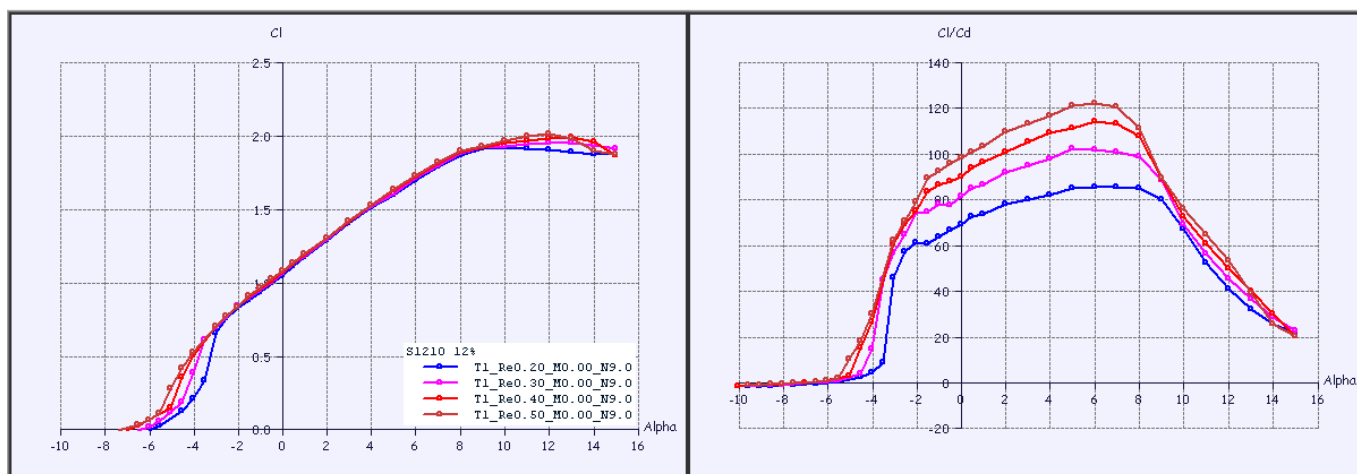


Figura 4. Influência do número de Reynolds nas curvas $C_{l\alpha}$ e $C_l/C_{d\alpha}$ do Selig 1210

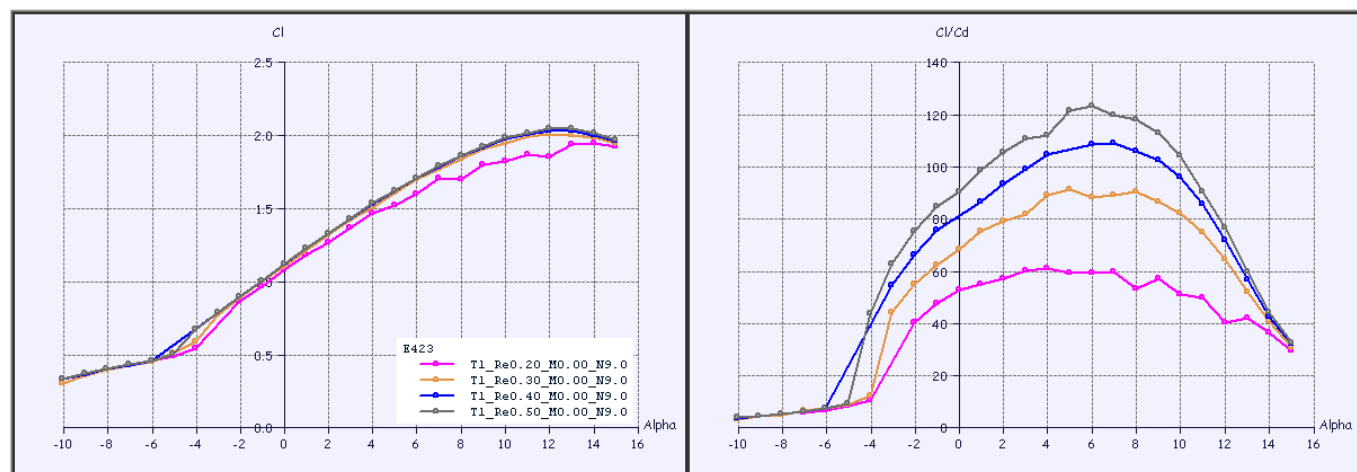


Figura 5. Influência do número de Reynolds nas curvas $C_{l\alpha}$ e $C_l/C_{d\alpha}$ do Eppler 423

Com base nos resultados apresentados o perfil escolhido é o Eppler 423 que melhor associa as características de C_l/C_d e C_l . O FX 74-CL5-149 e o Selig 1223 tem alto coeficiente de sustentação, mas suas relações C_l/C_d são as mais baixas. O Selig 1210 tem a maior relação C_l/C_d , mas seu $C_{l_{\max}}$ é o menor de todos.

4.2. Seleção da Hélice

Essa escolha deu através de forma analítica, através de ensaios para determinar a hélice que melhor respondesse ao motor O.S. 55AX e, com auxílio da Planilha no Microsoft Excel. Fez-se uma comparação para verificar, entre cinco modelos de hélice, qual destas possuía maior eficiência. A hélice escolhida foi a 12x6.

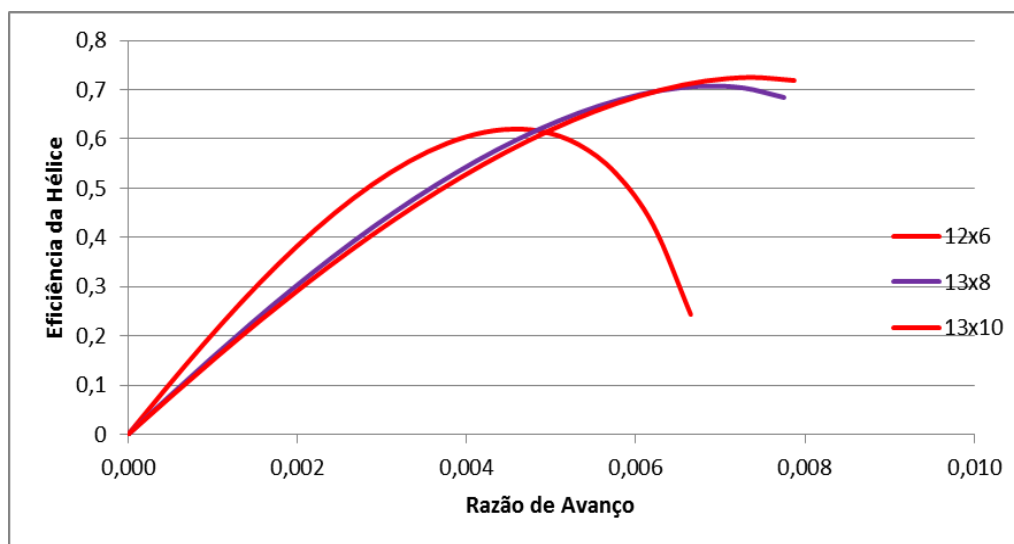


Figura 6. Eficiência da hélice em função da razão de avanço.

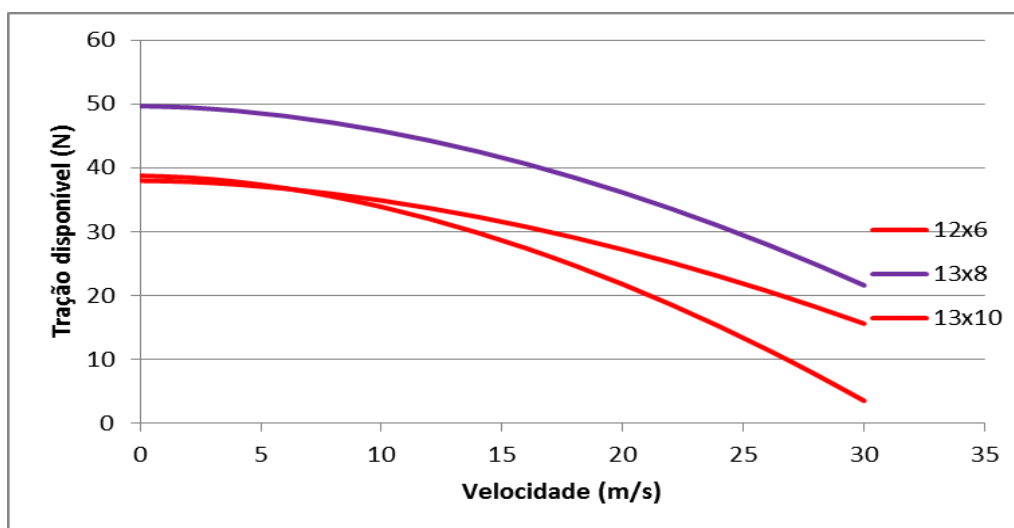


Figura 7. Tração disponível em função da velocidade.

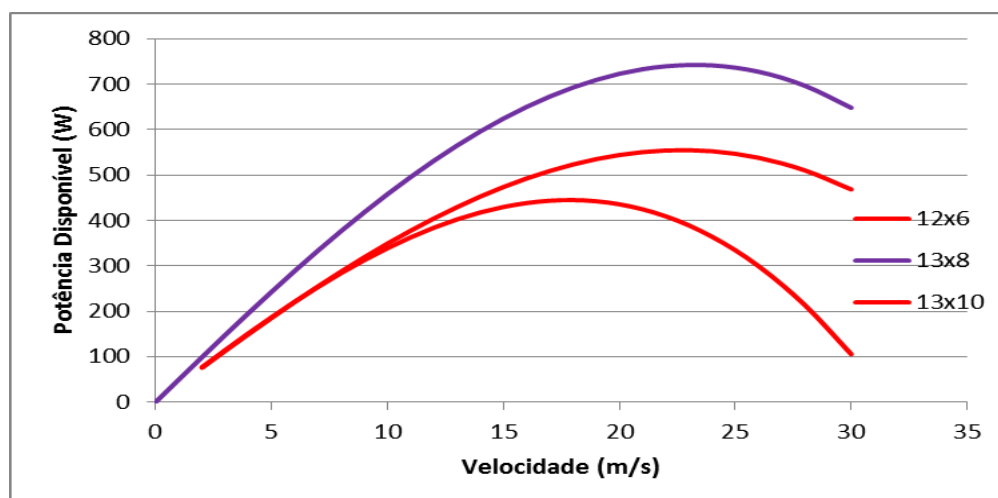


Figura 8. Potência disponível em função da velocidade.

4.3. Dados Obtidos do diagrama V-n

4.3.1. Velocidade de Cruzeiro

De acordo com o parágrafo FAR-Part 23.335(a) encontramos $V_c = 30,6$ m/s.

$$V_c > 33 \sqrt{W/S}$$

(Eq. 2)

$$V_c < 0.9 * V_{MÁX \text{ Nivelada}}$$

(Eq. 3)

4.3.2. Velocidade Nunca Excedida Em Mergulho

De acordo com os requisitos do parágrafo FAR-Part 23.335(b) encontramos $V_d = 43,11$ m/s.

$$V_D > 1.4 * V_{c_{inferior}}$$

(Eq. 4)

$$\frac{V_D}{M_D} > 1.25 * \frac{V_c}{M_c}$$

(Eq. 5)

4.3.3. Velocidade De Manobra

Requisitos do parágrafo FAR-Part 23.335(c) estabeleceu o $V_a = 26,73$ m/s.

$$V_A > V_s \sqrt{n}$$

(Eq. 6)

$$V_A \leq V_c$$

(Eq. 7)

4.3.4. Velocidade Máxima De Operação Com Flapes

A velocidade estabelecida seguindo os requisitos do parágrafo FAR-Part 23.345(b) foi $V_f = 19,83$ m/s.

$$V_F > 1.4 * V_s$$

(Eq. 8)

5. CONCLUSÃO

Levantou-se os dados sobre a construção e o uso do VANT, com análises aerodinâmicas, estruturais e desempenho da aeronave, assim como pesquisas bibliográficas. Estudo do aspecto de aerodinâmica, desempenho de aeronaves e estudo de waypoint para retorno à posição inicial quando fora de alcance e/ou perda de sinal pelo ArduPilot.

6. REFERÊNCIAS

- [1] BERNARDI, J. V. E; LAMDINI, P. M. B. Aplicação do sistema de posicionamento global(GPS) na coleta de dados. DGA, ICGE, UNESP/Rio Claro, LAb. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/>. Acesso: 30/04/2014
- [2] ROSA, E.; “Introdução ao Projeto Aeronautico: uma contribuição à competição SAE Aerodesigner”. Florianopolis: UFSC/GRANTE, 2006
- [3] ROBERTO, A. J.; Extração de informação Geográfica partir de Fotografias aéreas obtidas com Vants para apoio a um SIG Municipal. Porto – Portugal, 2013. Disponível em: <http://sigarra.up.pt/up/pt>. Acesso: 28/04/2014.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

DEVELOPMENT OF AN AERIAL VEHICLE UNMANNED FOR MONITORING SERVICES AREAS

Lucas Matheus Lima Leite, lucas.leite.castro@gmail.com¹

Reinaldo Candido dos Santos Neto, reinaldonetof@hotmail.com²

Rômulo Diego Marinho Siqueira, romulodiegoms@hotmail.com³

Prof. Dr. Paulo Cesar M. Doval, paulo.doval@ifma.edu.br⁴

¹ Insituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Physic Student.

² Insituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Electrical Engineering student.

³ Insituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Mechanical Engineering student.

⁴ Insituto Federal do Maranhão Campus Monte Castelo, Coordinating Professor of Mechanical Engineering.

Abstract. *This work aims to design an unmanned aerial vehicle for area monitoring service for tracking control and dynamic positioning by GPS (Global Position System) and can be operated manually or semi-automatic (with the inclusion of waypoints for missions) with the flight telemetry data stored in the aircraft in SD card. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) consist of all kinds of aircraft that do not need pilot on board to guide her. It was made a conceptual design of an aircraft able able to attend the restriction of the project, and analyzed its aerodynamics, stability, control and performance to obtain a better flight during the mission.*

Keywords: UAV, Monitoring Services Areas, Waypoints.